

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

01.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

REC'D 23 DEC 2004

WIPO

PCT

出願年月日      2004年10月18日  
Date of Application:

出願番号      特願2004-303178  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2004-303178]

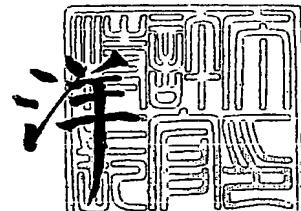
出願人      松下電器産業株式会社  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17 1(a) OR (b)

2004年12月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2036460085  
【提出日】 平成16年10月18日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H05B 33/10  
H05B 33/10

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 西山 誠司

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 上野 巍

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 加藤 純一

【特許出願人】  
【識別番号】 000005821  
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】  
【識別番号】 110000040  
【氏名又は名称】 特許業務法人 池内・佐藤アンドパートナーズ  
【代表者】 池内 寛幸  
【電話番号】 06-6135-6051  
【連絡先】 担当は池内寛幸

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 139757  
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0108331

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と、前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも第一の電極と第二の電極を含む一対の電極を有する発光素子。

【請求項 2】

前記発光素子は、少なくとも電子が多孔質発光体を励起するか、又は気体層の放電により電子が発生して多孔質発光体層で沿面放電が発生する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記気体層の気体は、希ガス、大気、酸素、窒素及びこれらの混合ガスから選ばれた少なくとも 1 つであり、大気圧より負圧、大気圧、及び大気圧より加圧のいずれかの圧力状態で存在する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記気体層の厚さは 20 ~ 250  $\mu\text{m}$  の範囲である請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記気体層の気体が希ガス、大気、酸素、窒素又はその混合物を含む請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記一対の電極の内の少なくとも一方の電極と多孔質発光体層の間に誘電体層を存在させる請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記誘電体層と前記気体層のそれぞれの厚さと前記誘電体層と前記気体層のそれぞれの比誘電率の関係が  $d_d / \epsilon_d < d_g / \epsilon_g \doteq d_g$  (但し、 $d_d$  と  $d_g$  は誘電体層と気体層の厚さ、 $\epsilon_d$  と  $\epsilon_g$  は誘電体と気体の比誘電率、気体層の厚さは気体層が多孔質発光体層の両側に存する場合はそれぞれの厚さを合計したもの) である請求項 6 に記載の発光素子。

【請求項 8】

前記多孔質発光体層の端部に隔壁を設けた請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 9】

前記多孔質発光体層が少なくとも赤 (R)、緑 (G) 又は青 (B) を発光する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 10】

前記多孔質発光体層が表面に絶縁層を有する蛍光体粒子を含む請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 11】

前記蛍光体粒子の平均粒径と前記蛍光体粒子の表面に形成された絶縁層の厚さの関係は、前記蛍光体粒子の平均粒径 1 に対して、前記蛍光体粒子の表面に形成された絶縁層の厚さが 1/10 ~ 1/500 の範囲にある請求項 10 に記載の発光素子。

【請求項 12】

前記多孔質発光体層が蛍光体粒子と絶縁性纖維を含む請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 13】

前記多孔質発光体層が表面に絶縁層を有する蛍光体粒子と絶縁性纖維を含む請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 14】

前記多孔質発光体層の密度が理論密度の 50 ~ 90 % の範囲にある請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 15】

前記気体層に存在する気体の絶縁破壊電圧以上の電界を印加することにより、前記気体層中で放電を発生させる請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 16】

前記第一の電極と第二の電極からなる一対の電極に交流電界を印加する請求項 1 に記載

の発光素子。

【請求項 17】

前記第一又は第二の電極がアドレス電極又は表示電極である請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 18】

前記多孔質発光体層が貫通孔を有する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 19】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 20】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が形成され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 21】

前記多孔質発光体層の片面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 22】

前記多孔質発光体層の片面に誘電体層が形成され、前記誘電体層の上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 23】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 24】

前記多孔質発光体層に複数個の貫通孔を有し、前記多孔質発光体層の片面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 25】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が複数個のビーズを有する気体層を介して配置された請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 26】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され、前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 27】

前記多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在し、前記多孔質発光体層の前記一対の電極が配置されていない他の面に背後電極を形成する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 28】

前記多孔質発光体層が少なくとも1つのスリットを有する請求項26又は27に記載の発光素子。

【請求項29】

前記一対の電極の内の少なくとも一方の電極と多孔質発光体層の間に誘電体層を介在させた請求項27に記載の発光素子。

【請求項30】

前記気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極であるアドレス電極と表示電極を有する請求項1に記載の発光素子。

【請求項31】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項32】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極が形成され、前記多孔質発光体層の前記アドレス電極が形成されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項33】

前記多孔質発光体層の片面に気体層を介して、誘電体層とアドレス電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が配置されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項34】

前記多孔質発光体層の片面に誘電体層が形成され、前記誘電体層の上にアドレス電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項35】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記アドレス電極が配置されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項36】

前記多孔質発光体層には複数個の貫通孔を有し、前記多孔質発光体層の片面に気体層を介して、誘電体層とアドレス電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が配置されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項37】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層とアドレス電極が形成されていない他の面に表示電極が複数個のビーズを有する気体層を介して配置された請求項1に記載の発光素子。

【請求項38】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極と表示電極が配置され、前記アドレス電極と前記表示電極の間には気体層が存在する請求項1に記載の発光素子。

【請求項39】

前記多孔質発光体層の片面にアドレス電極と表示電極が配置され前記アドレス電極と前記表示電極の間には気体層が存在し、前記多孔質発光体層の前記アドレス電極と前記表示電極が配置されていない他の面に背後電極を形成する請求項1に記載の発光素子。

【請求項40】

気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子、画像メモリ、表示コントローラ、タイミング・コントローラ及びドライバI Cからなる表示モジュール。

【請求項41】

請求項19乃至17のいずれかに記載の発光素子、画像メモリ、表示コントローラ、タイミング・コントローラ及びドライバI Cからなる表示モジュール。

【書類名】明細書

【発明の名称】発光素子及び表示モジュール

【技術分野】

#### 【0001】

本発明は発光素子に関するものである。特に多孔質発光体層からなるものであり構成が簡単で製造が容易であり、低消費電力であり、かつ大型ディスプレイ用として好適である発光素子及び表示モジュールに関するものである。

【背景技術】

#### 【0002】

近年、大型のフラットディスプレイとして液晶ディスプレイやプラズマディスプレイが広く使用されるようになってきているが、さらに高画質、高効率であるディスプレイを追求する開発が進められている。このようなディスプレイの候補として、エレクトロルミネッセンスディスプレイ（ELD）や電界放出ディスプレイ（FED）がある。非特許文献1にはELDについて、概ね次のように記載されている。発光層である蛍光体に絶縁層を介して電界を加える構造を基本とするものあり、有機分散型と薄膜型が知られている。有機分散型は不純物のCuなどを添加したZnSの粒子を有機物中に分散させ、この上に絶縁層を形成し、上下の電極で挟持する構造を有する。不純物は蛍光体粒子中にpn接合を形成し、電界が印加されると接合面に発生する高電界により放出された電子が加速されたのち、正孔と再結合して発光する。薄膜型は発光層であるMnドープZnSなどの蛍光体薄膜が絶縁体層を介して電極を配置する構造を有している。絶縁体層が存在することにより発光層には高電界を印加することが可能となり、電界で加速された放出電子が発光中心を励起し発光する。

#### 【0003】

一方、FEDは真空容器中に電子放出素子とこれに対向させた蛍光体よりなる構造を有し、電子放出素子により真空中に放出された電子を加速して蛍光体層に照射し発光させるものである。

#### 【0004】

いずれのデバイスも電子放出が発光のきっかけとなるため、低電圧、高効率で電子を放出する技術が重要である。このような技術として誘電体の分極反転による電子放出が着目されている。例えば、下記非特許文献2には、図18で示すように、一方の面に設置された平面電極32と他方の面に設置された格子状電極33を有するPZTセラミック31を真空容器36中でグリッド電極35を介して白金電極34に対向させ、電極間にパルス電圧を印加することにより、電子が放出されることを提案している。37は排気口である。同提案によれば、容器内の圧力は $1.33\text{Pa}$ ( $10^{-2}\text{Torr}$ )であり、大気圧では放電しないと記載されている。

#### 【0005】

誘電体の分極反転により放出される電子を真空容器中で加速し、蛍光体層を発光させること、あるいはこの発光を用いたディスプレイは、下記特許文献1や下記特許文献2にも記載されているが、基本的な構成は非特許文献2の白金電極に代えて、蛍光体層を有する電極とする構成により、蛍光体層を発光させるものである。

#### 【0006】

一方、強誘電体の分極反転による放出電子を非真空中で用いた発光素子は例えば、下記特許文献3に電気発光面光源素子として開示されている。この素子は、図19に示すように、基板45上に下部電極42、強誘電体薄膜41、上部電極43、キャリア増倍層48、発光層44、透明電極46の順で形成されており、上部電極は開口部47を有している。下部電極と上部電極間の印加電圧パルスを反転させることにより電子が上部電極開口部よりキャリア増倍層に放出され、さらに透明電極に印加された正の電圧により加速され、電子を増倍しつつ発光層に達して発光する。キャリア増倍層は誘電率が比較的低く、かつ発光層で放出される発光波長を吸収しないバンドギャップを有する半導体で構成されていることが記載されている。この素子は、一種のELDと考えることができる。また、特許

文献4には、スパッタにより形成された蛍光体からなる発光層を表裏の絶縁層で挟持してパルス電界を印加する構成において、一方の絶縁体が強誘電体薄膜からなる構成が開示されている。

### 【0007】

さらに、下記特許文献5には蛍光体層を有するカラー表示装置が開示されていて、図20にその部分拡大図を示すようにガラス基板51の上にはX電極52及び誘電体層53が配置され、もう1つのガラス基板56にはY電極55が配置されY電極55の上に蛍光体層54を全面的に形成した後その上を誘電体層53で覆ってガス放電空間59に接して対向させている。

【特許文献1】特開平05-216530号公報

【特許文献2】米国特許第5453661号明細書

【特許文献3】特開平06-283269号公報

【特許文献4】特開平08-083686号公報

【特許文献5】特開昭48-45169号公報

【非特許文献1】松本正一編著、「電子ディスプレイ」、オーム社、平成7年7月7日、p. 113-125

【非特許文献2】Jun-ichi Asano 他, 'Field-Exited Electron Emission from Ferroelectric Ceramic in Vacuum' Japanese Journal of Applied Physics Vol.31 Part. 1 p.3098-3101, Sep/1992

### 【発明の開示】

### 【発明が解決しようとする課題】

### 【0008】

前記の従来技術において真空を要するものは構造が複雑であり、かつ高価になるといった問題がある。例えば、プラズマディスプレイは大型のパネルを構成できるが、真空容器を必要とし、かつ放電空間を形成する必要があるため構造が複雑で高価なものとなっている。また、プラズマディスプレイは放電エネルギーが一旦紫外線エネルギーに変換され、紫外線が蛍光体の発光中心を励起することによって発光させるため発光効率を高くすることが困難であり、大型ディスプレイを作製したとき消費電力が大きくなるといった問題がある。また、薄膜ELを用いるものは薄膜形成プロセスを用いるため、設備が大型になるといった問題がある。さらに、大画面のディスプレイの作製が困難であり、製品化されたものは知られていない。

### 【0009】

本発明は、前記のような薄膜プロセス、真空系及びキャリア増倍層を必要としないのみならず、多孔質発光体層で構成された比較的簡単な構造の発光体からなるものであり、製造が容易な発光素子を提供する。また、多孔質発光体層を用いることにより発光効率に優れ、低消費電力で、かつ大型ディスプレイ用に好適な発光素子及び表示モジュールを提供する。

### 【課題を解決するための手段】

### 【0010】

本発明の発光素子は、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と、前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも第一の電極と第二の電極を含む一対の電極を有する。

### 【0011】

本発明の表示モジュールは、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子、画像メモリ、表示コントローラ、タイミング・コントローラ及びドライバICからなる。

### 【発明の効果】

### 【0012】

本発明は、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質

発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有するものであり、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、本発明の発光素子は気体層の放電に基づく多孔質発光体層の発光であり、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい発光素子及び表示モジュールを提供できる。

### 【0013】

さらに、本発明の発光素子は多孔質発光体層間に放電分離手段として隔壁を配備することにより、発光の際のクロストークを回避した発光素子を提供することができる。

### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

本発明の発光素子は気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有するものである。特に、以下に記述するような発光素子が含まれる。

(1) 多孔質発光体層の一方の面上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(2) 多孔質発光体層の一方の面上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が形成され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が形成されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(3) 多孔質発光体層の一方の面上に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(4) 多孔質発光体層の一方の面上に誘電体層が形成され、前記誘電体層の上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(5) 多孔質発光体層の一方の面上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が配置されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(6) 複数個の貫通孔を有する多孔質発光体層の一方の面上に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。

(7) 多孔質発光体層の一方の面上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面上に前記一対の電極の内の第二の電極が複数個のビーズを有する気体層を介して配置された発光素子。

(8) 多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され、前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在する発光素子。

(9) 多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在し、前記多孔質発光体層の前記一対の電極が配置されていない他の面上に背後電極を形成する発光素子等が本発明の代表的なものである。

### 【0015】

本発明の発光素子は気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有するものである。具体的には

- (a)多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (b)多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が形成され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (c)多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (d)多孔質発光体層の一方の面に誘電体層が形成され、前記誘電体層の上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (e)多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (f)複数個の貫通孔を有する多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子。
- (g)多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が複数個のビーズを有する気体層を介して配置された発光素子。
- (h)多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され、前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在する発光素子。
- (i)多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在し、前記多孔質発光体層の前記一対の電極が配置されていない他の面に背後電極を形成する発光素子等が含まれる。

#### 【0016】

上記のように構成することにより、一対の電極に交流電界を印加していくと絶縁破壊電圧以上の電圧で気体層において放電が起こるようになる。その際、気体層では放出された電子が増倍され、それが多孔質発光体層に注入され、多孔質発光体層の蛍光体粒子の発光中心が電子で励起されて発光する。このように気体層は電子供給源として作用していて、電子は多孔質発光体層で沿面放電を伴いながら蛍光体粒子の表面を雪崩のように通過する。

#### 【0017】

上述のように、本発明は気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有することを特徴とする発光素子であって、本発明の多孔質発光体層の形成には薄膜形成プロセス、真空系、キャリア増倍層等を必要としないものであり、それを用いて構成される発光素子自体の構造も比較的簡単であり、製造が容易であるという特徴を有している。また、本発明の発光素子は気体層の放電に基づくものであり、電子による多孔質発光体の発光という点に特徴があり、そのため発光効率が良好であり、大型ディスプレイを作製した際の消費電力が比較的小さいものとなる。さらに、本発明の発光素子は個々の多孔質発光体層間に放電分離手段として隔壁を設けることにより、発光の際のクロストークを容易に回避することが可能である。

## 【0018】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

## 【0019】

## (実施の形態1)

図1乃至図6を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内で第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内で第二の電極が気体層を介して配置された発光素子について説明する。

## 【0020】

図1は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図2乃至図6は本実施の形態における発光素子の製造工程を説明するための図である。これらの図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層及び11は隔壁である。

## 【0021】

図2に示すように、ガラス又はセラミック製の基板5の片面にA gペーストを30 $\mu$ mの厚さに焼き付けて、第一の電極6を所定の形状に形成する。次に、図3に示すように誘電体層10を第一の電極6の上に形成する。具体的には、BaTiO<sub>3</sub>粉末40wt%に對してガラス粉末15wt%を混合した粉体に $\alpha$ -テリピネオール40wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを調製し、これを所定の形状にスクリーン印刷してから乾燥し、大気中において400~600℃で熱処理することにより、80~200 $\mu$ mの厚さの誘電体層10を形成した。

## 【0022】

本実施の形態では誘電体としてBaTiO<sub>3</sub>を用いたが、SrTiO<sub>3</sub>、CaTiO<sub>3</sub>、MgTiO<sub>3</sub>、PZT(PbZrO<sub>3</sub>)、PbTiO<sub>3</sub>、などの誘電体を用いても同様の効果が得られる。また、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>などの誘電体を用いても同様の効果が得られるが、比誘電率が大きい前記誘電体に比べ発光度が弱くなった。しかしながら、これは誘電体層の厚みを薄くすることで改善できるものである。また、誘電体層にはスパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで誘電体層を形成することもできる。

## 【0023】

なお、誘電体層として焼結体を用いる場合には、これを基板5と兼用することもできるため基板を使用しなくても構わない。誘電体層の厚さは焼結体を使用した場合や厚膜プロセスで形成した場合で極端に変わる。実際には必要な容量成分は比誘電率との関係で調整することが可能である。

## 【0024】

次に、誘電体層10の上に図4に示すように、多孔質発光体層2をスクリーン印刷で形成する。先ず、MgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を下記の要領で準備する。蛍光体粒子3として、平均粒径が2~3 $\mu$ mのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>(青)、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>(緑)、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>(赤)等の無機化合物を用いることが可能である。その表面にMgOからなる絶縁層4を形成する方法はいずれの蛍光体粒子についても共通であり、具体的にはMg<sup>2+</sup>プレカーサー錯体溶液に蛍光体粒子3を加えて長時間にわたって攪拌してから蛍光体粒子を取り出して乾燥後、大気中において400~600℃で熱処理することにより、MgOの均一なコーティング層、すなわち絶縁層4を蛍光体粒子3の表面に形成させた。

## 【0025】

本実施の形態においては上記の絶縁層4を有する蛍光体粒子50wt%に対して $\alpha$ -テリピネオール45wt%、エチルセルロース5wt%を混練したペーストをそれぞれの蛍光体毎に調製し、これをスクリーン印刷してから乾燥する操作を複数回にわたって繰り返

し行うことにより、図4に示すように印刷された多孔質発光体層の厚さが80～100μmになるように調整した。

#### 【0026】

なお、多孔質発光体層は赤（R）、緑（G）及び青（B）の内のいずれかの発光が得られるように作製する。実際の表示装置等においては発光色毎に多孔質発光体層を順々に所定のパターン（例えば、ストライプ状）にそれぞれ印刷して、規則的に並べた多孔質発光体層を形成する。また、白色発光の得られる発光層を形成し、のちにカラーフィルターで色の分離を行うことにより所望の発光色が得られるようになることも可能である。

#### 【0027】

上記のようにして、多孔質発光体層を印刷した基板5を最終的にN<sub>2</sub>雰囲気中において、400～580℃で2～5時間にわたって熱処理することにより、約50～80μmの厚さの多孔質発光体層2を形成した。

#### 【0028】

また、前記ペーストは蛍光体粒子に有機バングーや有機溶剤を加えて調製したが、蛍光体粒子にコロイダルシリカ水溶液を加えたペーストを用いても同様の効果が得られた。

#### 【0029】

図6は本実施の形態における多孔質発光体層2の断面を拡大した模式図であり、MgOからなる絶縁層4で均一に被覆された蛍光体粒子3が熱処理を施された結果、それぞれの粒子が互いに接触した状態で多孔質発光体層を形成しているよう示している。気体層での放電により発生した電子が多孔質発光体層に注入され、発光体層を構成している個々の蛍光体粒子の表面に沿って沿面放電を発生しながら雪崩のように通過することになる。その際、蛍光体粒子の発光中心が電子で励起されて多孔質発光層全体が効率よく発光する。このように本実施の形態の多孔質発光層は多孔質構造を有しているために、放出された電子が発光層の内部まで注入され、発光体層の表面だけでなく層の内部においても満遍なく発光させることができることに特徴がある。このように多孔質構造を有する発光層では多孔質でない発光層と比較すると、発光の際に高輝度化が達成できることや発光素子の駆動電圧の低減に寄与することができる。

#### 【0030】

なお、基板5として耐熱性のセラミック板を用いる場合には400～1200℃の比較的広い温度範囲で熱処理を施すことが可能になる。

#### 【0031】

本実施の形態においては熱処理温度が比較的低く設定されているため、多孔質発光体層の気孔率は大きくなり、その焼結密度は理論密度の50～90%の範囲である。気孔率が非常に大きくなり、焼結密度が理論密度で上記の範囲より小さくなると、発光効率が低下することや多孔質発光体層の内部でも放電が発生する原因になり好ましくない。逆に気孔率が10%以下の場合、すなわち焼結密度が理論密度で90%より大きくなると、発光体層の内部での沿面放電の発生が阻害される結果、発光効率が低下する。因みに、焼結密度が理論密度の50～90%の範囲においては図6に示すように、蛍光体粒子が三次元的に隣り合うように点接触している状態に近いものと推定される。

#### 【0032】

次に、多孔質発光体層2の両端部にガラスペーストをスクリーン印刷して乾燥させる操作を複数回繰り返して、しかるのちに580℃で焼結すると図5に示すように約80～300μmの隔壁11が形成される。本実施の形態では隔壁11は多孔質発光体層を形成してからのちに行つたが、先に隔壁を形成しても差し支えない。また、隔壁11はセラミック粒子を含有するガラスペーストや樹脂を用いて形成することも可能である。具体的には、前者ではセラミックとガラス（重量比で1:1）の混合粒子50wt%に対してα-テレピネオール50wt%を加えて混練したペーストを所定のパターンにスクリーン印刷してから乾燥することを繰り返し、印刷された厚さが約100～350μmになるように調整し、N<sub>2</sub>雰囲気中において、400～580℃で2～5時間にわたって熱処理することにより、約80～300μmの厚さの隔壁11を形成することができる。後者においては

熱硬化性樹脂を用いて隔壁を形成するものであり、この場合は多孔質発光体層を形成してからの中に行う。その際に用いる主たる樹脂としてはエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シアネート樹脂の使用が可能であり、これらのうちの1つを選択し、それをスクリーン印刷することにより隔壁を形成することができる。

#### 【0033】

上記のようにして、隔壁11を形成してからITO（インジウムー錫酸化物合金）からなる第二の電極7が多孔質発光体層2に対向して位置するようあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層2を覆うと、図1に示すような本実施の形態における発光素子1が得られる。その際、多孔質発光体層2と第二の電極7の間には気体層9からなるわずかな間隙が生じるようにコロイダルシリカ、水ガラス又は樹脂等を用いて透光性基板8を隔壁11の上に貼付する。

#### 【0034】

多孔質発光体層2と第二の電極7の間の気体層の厚さは少なくとも気体分子の平均自由行程以上であれば差し支えないが、製造工程を考慮すると実際には20～250μmの範囲が適当であり、特に30～220μmの範囲が好ましい。上記の範囲を超えると、気体層での放電の発生に高電圧を印加する必要があり、経済性の理由から好ましくない。

#### 【0035】

なお、第二の電極としてのITOからなる透明電極を有する透光性基板8についてはITOの代替として銅の配線が施された透光性基板を使用することも可能である。これは銅の配線が精細なメッシュ状に形成されていて、開口率（銅の配線が施されていない部分の全体に対する割合）は約90%であり、光の透過がITO膜を有する透光性基板に比較してほとんど遜色がない。また、銅はITOに比較して、かなり低抵抗であることから発光効率の向上に寄与するので好都合である。さらに、微細なメッシュ状の配線を施す金属としては銅以外に金やアルミニウムを使用することも可能である。

#### 【0036】

上述のようにして、本実施の形態においては気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子を作製することができる。

#### 【0037】

なお、本実施の形態においては蛍光体粒子3の表面をMgOからなる絶縁層4で被覆したものを使用したが、MgOは抵抗率が高く（ $10^9 \Omega \cdot cm$ 以上）、沿面放電を効率よく発生させることができるようになるからである。絶縁層の抵抗率が低い場合には沿面放電が発生し難く、ときには短絡する虞があるため好ましくない。このような理由から抵抗率が高い絶縁性金属酸化物で被覆することが望ましい。勿論、使用する蛍光体粒子自体の抵抗率が高い場合には絶縁性金属酸化物で被覆しなくとも沿面放電が容易に発生する。絶縁層としては、上記のMgO以外に、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O、CaO、BaO、SrO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>から選択された少なくとも1つを用いることができる。これらの酸化物の標準生成自由エネルギー $\Delta G_f^\circ$ は非常に小さく（例えば、室温で-100kcal/mol以下）、安定な物質である。また、これらの絶縁層は抵抗率が高く、還元され難い物質であるため、電子による蛍光体粒子の還元や劣化を抑制する保護膜としても優れていて、その結果蛍光体の耐久性も高くなり好都合である。

#### 【0038】

また、絶縁層の形成には上記のゾル・ゲル法以外に化学吸着法や、CVD法、スパッタ法、蒸着法、レーザ法、剪断応力法などを用いる物理吸着法によって行うことも可能である。絶縁層は均質、均一であって剥離しないことが望ましく、絶縁層を形成する際には蛍光体の粒子を酢酸、シュウ酸、クエン酸などの弱酸溶液に浸漬し、表面に付着している不純物を洗浄することが肝要である。

**【0039】**

さらに、絶縁層を形成する前に蛍光体の粒子を窒素雰囲気中で200～500℃、1～5時間程度前処理することが望ましい。その理由は、通常の蛍光体粒子は吸着水や結晶水を多量に含んでおり、このような状態で絶縁層を形成すると輝度低下や発光スペクトルのシフト等の寿命特性に好ましくない影響を及ぼすことになるからである。蛍光体の粒子を弱酸性溶液で洗浄する場合にはその後によく水洗してから上記の前処理を行う。

**【0040】**

また、多孔質発光体層を形成する熱処理工程で留意すべきことは、熱処理温度と雰囲気である。本実施の形態では窒素雰囲気中で450～1200℃の温度範囲で熱処理を施したために、蛍光体にドープされた希土類原子の価数に変化がなかった。しかし、この温度範囲より高温で処理するときには希土類原子の価数が変化することや絶縁層と蛍光体からなる固溶体が発生する可能性があり注意が必要である。

**【0041】**

また、熱処理温度の上昇と共に多孔質発光体層の焼結密度が大きくなることにも注意が必要であり、これらのことから判断すると最適の熱処理温度としては450～1200℃の範囲が好ましい。熱処理雰囲気については、上述のように蛍光体粒子にドープされている希土類原子の価数に影響を及ぼさないようにするために窒素雰囲気が好ましい。

**【0042】**

絶縁層の厚さは本実施の形態では0.1～2.0μm程度としたが、蛍光体粒子の平均粒径や沿面放電を効率よく発生させることを考慮して決定される。また、蛍光体の平均粒径がサブミクロンオーダーになると、比較的薄く被覆する方がよい。絶縁層が厚くなると発光スペクトルのシフト、輝度低下等が発生するため好ましくない。逆に、絶縁層が薄くなると沿面放電がやや発生し難くなることが推定される。従って、蛍光体粒子の平均粒径と絶縁層の厚さの関係は前者1に対して後者が1/10～1/500の範囲にあることが望ましい。

**【0043】**

次に、この発光素子1の発光作用について図1を参照しながら説明する。図1に示すように発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。その際、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになる。その結果気体層で電子が増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し、発光体層の蛍光体粒子の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層に注入され、沿面放電を伴いながら多孔質からなる発光体層を雪崩のように通過することになる。沿面放電は電界が印加されている間継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

**【0044】**

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

**【0045】**

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.72～1.5kV/mの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.5～1.0kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は大きくなると電子の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。因みに、多孔質発光体層と第二の電極の間隙に存する気体層が空気の場合、

その絶縁破壊電圧である約0.3kV/mmの電圧を印加する必要がある。また、本実施の形態における発光素子では駆動の際に印加する電圧がほぼ気体層に印加されるものと見做される。

#### 【0046】

本実施の形態においては誘電体層と気体層の厚さと比誘電率の関係は  $d_d / \epsilon_d < d_g / \epsilon_g \approx d_g$  (気体層が空気の場合) である ( $d_d$  と  $d_g$  は誘電体層と気体層の厚さ、  $\epsilon_d$  と  $\epsilon_g$  は誘電体と気体の比誘電率)。したがって、所定の厚さの気体層においては使用する誘電体層の厚さは比誘電率の値が大きい場合には比較的厚くても差し支えないが、逆に小さい場合には誘電体層は薄くする必要があり、そのような場合には製造工程において少し工夫が要ることになる。誘電体については既述したもの以外に、比誘電率が小さいが非常に薄い膜が得られるマイカなども使用に供することができる。

#### 【0047】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0048】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、気体層の放電の結果多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られる。さらに、多孔質構造を有する発光体においては、通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、照射された電子が多孔質構造を有する発光体層の内部まで達するので発光層全体が満遍なく均一に発光することに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。なお、多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0049】

##### (実施の形態2)

図7を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が形成され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子について説明する。

#### 【0050】

図7は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層及び11は隔壁である。

#### 【0051】

本実施の形態における発光素子の断面の構造は図7に示すように、実施の形態1の発光素子において多孔質発光体層2と第一の電極6の間に介在する誘電体層10を設けなかつた以外は実施の形態1の発光素子を同様のものである。

#### 【0052】

したがって、本実施の形態における発光素子は実施の形態1とほぼ同様に作製することができる。具体的には、Agペーストを焼き付けて第一の電極6を形成した基板5の第一の電極6の上に多孔質発光体層2をスクリーン印刷により形成する。しかるのちに、実施の形態1と同様に隔壁を形成してから最終的に第二の電極7を有する透光性の基板8を配

置すれば、図7に示すような本実施の形態の発光素子1が作製できる。

**【0053】**

次に、この発光素子1の発光作用について図7を参照しながら説明する。

**【0054】**

実施の形態1においては大気中において駆動させたが、本実施の形態においては負圧にされた希ガス中において発光素子を駆動した。具体的には図の発光素子1を石英管中に挿入し、NeとXeの混合ガスを負圧の状態で封入した。

**【0055】**

発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。その際、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになる。その結果、気体層で電子が増倍されて、多孔質発光体に電子が衝突し多孔質発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層に注入され、沿面放電を起こしながら多孔質発光体層を雪崩れるように通過することになる。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

**【0056】**

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

**【0057】**

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.63～1.3kV/mの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.42～0.84kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は大きくなると電子の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は抑制される。発光は希ガスを封入している場合に比べ電圧値で60～80%程度に低減しても発光した。この理由は希ガスを封入することにより、放電がより発生しやすい雰囲気になるためであり、また負圧にすることで発光開始電圧を低下させることができるのであると考えられる。

**【0058】**

放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

**【0059】**

因みに、本実施の形態における誘電体層を有していない発光素子を大気中で発光させる際には約0.87～1.8kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.60～1.2kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させることが必要であった。

**【0060】**

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、本実施の形態においては多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られ、通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、多孔質構造を有する発光体層の全体が満遍なく発光することに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発

光効率がきわめて良好であるという特徴も有している。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0061】

##### (実施の形態3)

図8を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一对の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子と多孔質発光体層の一方の面に誘電体層が形成され、さらに前記誘電体層に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子について説明する。

#### 【0062】

図8Aと図8Bは本実施の形態における発光素子の断面図であり、これらの図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層及び11は隔壁である。

#### 【0063】

図8Aの発光素子の製造方法は以下のようである。先ず、厚さが0.3～1.0mmの誘電体10の焼結体の片面にA gペーストを30μmの厚さに焼き付けて、所定の形状の第一の電極6を形成する。次に、ガラス又はセラミック製の基板5上に前記の第一の電極が形成された側を接着させる。誘電体は実施の形態1で既述したものがいずれも使用に供することができる。

#### 【0064】

次に、実施の形態1と同様にしてMgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を準備する。蛍光体粒子3として、平均粒径が2～3μmのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>（青）、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>（緑）、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>（赤）等の無機化合物を用いることが可能である。

#### 【0065】

本実施の形態においてはMgOからなる絶縁層4で表面が被覆された蛍光体粒子3をポリビニールアルコール5wt%と混合し造粒した後、成型用金型を用いて約50MPaの圧力で板状に成形した。こうして得られた成型体を窒素雰囲気中450～1200℃で2～5時間熱処理を行い、板状に焼結された多孔質発光体2を作製した。

#### 【0066】

多孔質発光体の焼結密度を理論密度の90%以上になると、多孔質発光体層に電子が衝突した際、多孔質発光体層の表面では発光するが、電子が発光層の内部までは注入されないため層内ではほとんど発光しないので発光効率が低いものとなる。そのため放電により発生した電子が多孔質発光体層の内部へ円滑に注入されるように、本実施の形態における多孔質発光体の焼結密度は理論密度の90%未満の多孔質構造を有するものであることが望ましい。また、多孔質発光体の焼結密度が非常に小さくなり、すなわち気孔率がきわめて大きくなると、かえって発光効率が低下することや多孔質発光体層の内部において沿面放電が発生しにくくなるため焼結密度は理論密度の50～90%の範囲が適当である。特に、70～85%の範囲が好ましい。

#### 【0067】

上記のようにして得られた板状の多孔質発光体2を誘電体層10にガラスペーストを用いて貼付する。その際、図8Aに示すようにガラスペーストは多孔質発光体層の両端の位置にスクリーン印刷し、ここへ多孔質発光体層を接着する。しかるのちに、580℃で熱

処理すると多孔質発光層は気体層が介在する状態で誘電体層10と接着させることができる。

#### 【0068】

次に、ITO（インジウムー錫酸化物合金）からなる第二の電極7が多孔質発光体層に対向して位置するようにあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層を覆うと、図8Aに示すような本実施の形態における発光素子1が得られる。その際、多孔質発光体層2と第二の電極7の間には気体の存するわずかな間隙が生じるよう、ガラスペースト、コロイダルシリカ、水ガラス又は樹脂等を用いて透光性基板8を熱処理により貼付する。こうすることにより、図8Aに示すように多孔質発光体層の上下に気体層が存する状態で、多孔質発光体層の両端部が隔壁11として機能するガラスペースト等で接着されることになる。

#### 【0069】

本実施の形態における特徴である多孔質発光体層の上下の両側に存する気体層、すなわち多孔質発光体層2と誘電体層10の間に介在する気体層と多孔質発光体層と第二の電極の間に介在する気体層の厚さは共に20～250μmの範囲が適当であり、特に30～220μmが最も好ましい範囲である。上記の範囲より大きくなると、放電の発生に高電圧を印加する必要があり、経済性の理由から好ましくない。また、上記の範囲より気体層の厚さは薄くても差し支えがなく、気体の平均自由行程以上であれば実質的に問題はないが、気体層が非常に薄くなると発光素子の作製の工程で厚さの制御がやや難しくなる。

#### 【0070】

なお、本実施の形態における多孔質発光体層の上下に存する気体層の厚さは必ずしも同じである必要はない。しかしながら、発光体層の上下2箇所に気体層を設ける場合には、それぞれの気体層の厚さは実施の形態1のように発光体層の片側の1箇所だけに気体層がある場合に比較して、やや狭く設定する方が好ましい。その理由は気体層の厚さが大きくなると、放電に際して比較的高い電圧を印加する必要があり、経済性の点から好ましくない。

#### 【0071】

上述したように本実施の形態においては多孔質発光体層の上下に気体層を設けることに特徴があり、一対の電極である第一の電極と第二の電極に交流電界を印加すると上下の気体層で同時に放電する結果、電子が多孔質発光体層の上下から放出されて発光体層へ効率よく注入される。すなわち、印加する交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになり、気体層で電子が増倍されて、多孔質発光体に電子が衝突し多孔質発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層の上下から注入され、発光体層の全体で沿面放電を発生させながら層内部を雪崩のように通過する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。このように多孔質発光体層の上下から電子が効率的に注入される結果、実施の形態1で記述したように発光体層の片側から電子が注入される場合に比較して、本実施の形態における多孔質構造を有する発光体層においては層全体が満遍なく均一に効率よく発光し、その結果輝度は格段に高くなるという特徴を有している。

#### 【0072】

上述のようにして、本実施の形態においては気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子が作製できる。

#### 【0073】

また、本実施の形態においては図8Bに示すように、多孔質発光体層と誘電体層の間に

は気体層からなる間隙を設けずに、誘電体層と第一の電極の間に気体層からなる間隙を設けても差し支えない。

#### 【0074】

このようにすれば、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の一方の面に誘電体層が形成され、さらに前記誘電体層の上に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子が作製できる。

#### 【0075】

本実施の形態においては上述したように、焼結体からなる多孔質発光体を用いている。この場合、多孔質発光体層を形成する熱処理工程で特に留意すべきことは、熱処理温度と雰囲気である。本実施の形態では窒素雰囲気中で450～1200℃の温度範囲で熱処理を施したために、蛍光体にドープされた希土類原子の価数に変化がなかった。しかし、この温度範囲より高温で処理するときには希土類原子の価数が変化することや絶縁層と蛍光体からなる固溶体が発生する可能性があり注意が必要である。

#### 【0076】

また、熱処理温度の上昇と共に多孔質発光体層の焼結密度が大きくなることにも注意が必要であり、これらのことから判断すると最適の熱処理温度としては450～1200℃の範囲が好ましい。熱処理雰囲気については、上述のように蛍光体粒子にドープされている希土類原子の価数に影響を及ぼさないようにするために窒素雰囲気が好ましい。

#### 【0077】

絶縁層の厚さは本実施の形態では0.1～2.0μm程度としたが、蛍光体粒子の平均粒径や沿面放電を効率よく発生させることを考慮して決定される。また、蛍光体の平均粒径がサブミクロンオーダーになると、比較的薄く被覆する方がよい。絶縁層が厚くなると発光スペクトルのシフト、輝度低下等が発生するため好ましくない。逆に、絶縁層が薄くなると沿面放電がやや発生し難くなることが推定される。従って、蛍光体粒子の平均粒径と絶縁層の厚さの関係は前者1に対して後者が1/10～1/500の範囲にあることが望ましい。

#### 【0078】

次に、この発光素子1の発光作用について図8Aを参照しながら説明する。

#### 【0079】

図に示すように発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。印加する交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起るようになり、電子が気体層で増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、本実施の形態においては発生した電子は多孔質発光体層の上下から注入され、多孔質からなる発光体層の全体で沿面放電を発生させながら発光体層の内部を雪崩れるように通過する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。このように本実施の形態においては多孔質発光体層の上下から電子が注入される結果、実施の形態1で記述した発光素子のように発光体層の片側からしか電子が注入されない場合に比較して、多孔質発光体層は層全体が満遍なく均一に効率よく発光し、輝度は著しく大きくなる。

#### 【0080】

また、本実施の形態においては焼結密度が理論密度の50～90%の多孔質発光体を使用しているため、多孔質構造を有していない通常の発光体層ではその表面では発光するが、層の内部ではほとんど発光しないのに対して、本実施の形態における多孔質からなる発光体層では層の表面のみならず発光体層の内部でも発光するために発光効率がきわめて良好なものになる。このように多孔質層の場合には、その多孔質構造のために放電により生

じた電子が層の内部まで円滑に注入され、層全体で沿面放電が発生して発光し、その結果高輝度の発光が得られることに特徴がある。

#### 【0081】

また、本実施の形態において使用する多孔質発光体はその密度が理論密度の90%未満の多孔質構造を有するものであることが望ましい。また、発光体の焼結密度が非常に小さい場合、つまり気孔率がきわめて大きくなると、かえって発光効率が低下することや多孔質発光体層の内部において沿面放電が発生しにくくなることなどの理由から、望ましい焼結密度は理論密度の50~90%の範囲である。特に、70~85%が最も好ましい。

#### 【0082】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0083】

本実施の形態における図8AとBの発光素子では多孔質発光体層の厚さに対して、それぞれ約0.79~1.7、0.75~1.6kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後はそれぞれ約0.55~1.1、0.52~1.0kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は大きくなると電子の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は抑制される。気体層に存在する気体が空気の場合、少なくともその絶縁破壊電圧である約0.3kV/mmの電圧を印加する必要がある。

#### 【0084】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや加圧又は負圧の状態にされた気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0085】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、放電で発生した電子が多孔質発光体層にその両面から発光層に衝突すること、発光体の構造が多孔質体であるため衝突した電子が発光体層の内部まで沿面放電を発生しながら円滑に注入されるので非常に高輝度の発光を得ることが可能になる。通常の多孔質でない発光体ではその表面だけで発光するのに対して、本実施の形態の多孔質発光体層では上述のように層全体が満遍なく発光するため、高輝度になることに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0086】

##### (実施の形態4)

図9を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が前記気体層を介して配置された発光素子について

て説明する。

**【0087】**

図9は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層及び11は隔壁である。

**【0088】**

本実施の形態における発光素子の断面の構造は図9に示すように、実施の形態3の発光素子において多孔質発光体層2と第一の電極6の間に介在する誘電体層10を設けなかつたこと以外は実施の形態3の発光素子と同様のものである。

**【0089】**

したがって、本実施の形態における発光素子は実施の形態3とほぼ同様に作製することができる。

**【0090】**

図9の発光素子の製造方法は以下のようである。先ず、ガラス又はセラミック製の基板5の片面にA gペーストを $30\ \mu m$ の厚さに焼き付けて、第一の電極6を所定の形状に形成する。

**【0091】**

次に、実施の形態1と同様にしてMgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を準備する。蛍光体粒子3として、平均粒径が $2\sim3\ \mu m$ のBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>（青）、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>（緑）、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>（赤）等の無機化合物を用いることが可能である。

**【0092】**

本実施の形態においては実施の形態3と同様に、MgOからなる絶縁層4で表面が被覆された蛍光体粒子3をポリビニールアルコール5wt%と混合し造粒した後、成型用金型を用いて約50MPaの圧力で板状に成形した。こうして得られた成型体を窒素雰囲気中450~1200℃で2~5時間熱処理を行い、板状に焼結された多孔質発光体2を作製した。

**【0093】**

上記のようにして得られた板状の多孔質発光体2の両端を基板5の電極側にガラスペーストを用いて貼付する。具体的には、図9に示すようにガラスペーストをスクリーン印刷し、多孔質発光体層を接着してから580℃で熱処理を施すと、図9に示すように多孔質発光体層2は第一の電極との間にわずかに気体層からなる間隙を設けた状態で固着される。

多孔質発光体層2と第一の電極6の間に存する気体層の厚さは $20\sim250\ \mu m$ の範囲が適当であり、特に $30\sim220\ \mu m$ の範囲が好ましい。上記の範囲を超えると、放電の発生に高電圧を印加する必要があり、経済性の理由から好ましくない。また、上記の範囲より気体層は薄くても差し支えなく、気体の平均自由行程を越えていればよい。

**【0094】**

次に、ITO（インジウム-錫酸化物合金）からなる第二の電極7が多孔質発光体層に対向して位置するようあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層を覆うと、図9に示すような本実施の形態における発光素子1が得られる。その際、多孔質発光体層2と第二の電極7の間には気体層からなるわずかな間隙が生じるようにコロイダルシリカ、水ガラス又は樹脂等を用いて透光性基板8を熱処理により貼付する。多孔質発光体層2と第二の電極7の隙間の厚さは上述の多孔質発光体層と第一の電極の隙間の厚さと必ずしも同じである必要はないが、ほぼ同様の厚さに設定すればよい。

**【0095】**

しかしながら、上記のように多孔質発光体層の上下の2箇所に気体層からなる隙間を設ける場合にはそれぞれの隙間の間隔は実施の形態1のように隙間が1箇所しか設けられていない場合よりやや狭く設定する方が好ましい。その理由は間隔が大きくなると、気体の放電の際に比較的高い電圧を印加する必要があり、経済的に好ましくない。

## 【0096】

上述のように、本実施の形態においては多孔質発光体層の両面に設置されている第一の電極と第二の電極の間にそれぞれわずかな間隙を設けることに特徴があり、このようにして多孔質発光体層と一対の電極の間には希ガス、大気、酸素、窒素又はそれらの混合ガスからなる気体層をそれぞれ介在させる。このような発光素子の一対の電極に交流電界を印加すると、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになり、その際気体層で電子が増倍されて、多孔質発光体に電子が衝突し発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用し、発生した電子は発光体層に衝突し、層の内部まで注入され発光体層の全体で沿面放電を発生しながら雪崩れるように通過する。沿面放電は電界が印加されている間は継続して生じ、雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。このように本実施の形態においては電子が多孔質発光体層の両側から供給され発光体層の内部まで円滑に満遍なく注入される結果、実施の形態1のように多孔質発光体の片側から電子が注入される場合に比較して、発光体層は層全体が均一に効率よく発光し、しかも発光の輝度は非常に高くなる。

## 【0097】

上述のようにして、本実施の形態においては気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が気体層を介して配置され、前記多孔質発光体層の前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子が作製できる。

## 【0098】

なお、本実施の形態においては蛍光体粒子3の表面をMgOからなる絶縁層4で被覆したものを使用したが、MgOは抵抗率が高く（ $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上）、沿面放電を効率よく発生させることができるようになるからである。絶縁層の抵抗率が低い場合には沿面放電が発生し難く、ときには短絡する虞があるため好ましくない。このような理由から抵抗率が高い絶縁性金属酸化物で被覆することが望ましい。もちろん使用する蛍光体粒子自体の抵抗率が高い場合には絶縁性金属酸化物で被覆しなくても沿面放電が容易に発生する。絶縁層としては、上記のMgO以外に、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O、CaO、BaO、SrO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>から選択された少なくとも1つを用いることができる。これらの酸化物の標準生成自由エネルギー $\Delta G_f^{\circ}$ は非常に小さく（例えば、室温で-100 kcal/mol以下）、安定な物質である。また、これらの絶縁層は抵抗率が高く、還元され難い物質であるため、電子による蛍光体粒子の還元や劣化を抑制する保護膜としても優れていて、その結果蛍光体の耐久性も高くなり好都合である。

## 【0099】

また、絶縁層の形成には上記のゾル・ゲル法以外に化学吸着法や、CVD法、スパッタ法、蒸着法、レーザ法、剪断応力法などを用いる物理吸着法によって行うことも可能である。絶縁層は均質、均一であって剥離しないことが望ましく、絶縁層を形成する際には蛍光体の粒子を酢酸、シュウ酸、クエン酸などの弱酸溶液に浸漬し、表面に付着している不純物を洗浄することが肝要である。

## 【0100】

さらに、絶縁層を形成する前に蛍光体の粒子を窒素雰囲気中で200～500℃、1～5時間程度前処理することが望ましい。その理由は、通常の蛍光体粒子は吸着水や結晶水を多量に含んでおり、このような状態で絶縁層を形成すると輝度低下や発光スペクトルのシフト等の寿命特性に好ましくない影響を及ぼすことになるからである。蛍光体の粒子を弱酸性溶液で洗浄する場合にはその後によく水洗してから上記の前処理を行う。

## 【0101】

次に、この発光素子1の発光作用について図9を参照しながら説明する。  
図に示すように発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電

界を印加する。その際、発光素子は石英管中に挿入し、NeとXeの混合ガスをわずかに加圧の状態で封入した。印加する交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が発生するようになり、電子が気体層で増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し多孔質発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層の両側から層の内部へ注入され、多孔質発光体層の全体で沿面放電を起こしながら発光体層を雪崩れるように通過する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。本実施の形態においては多孔質発光体層の上部と下部の両側から電子が注入される結果、実施の形態1で記述したように一方から電子が注入される場合に比較して、多孔質発光体層は層全体が満遍なく均一に効率よく発光し、輝度は著しく高くなる。

#### 【0102】

さらに、本実施の形態においては焼結密度が理論密度の50～90%の多孔質発光体を使用しているため、多孔質発光体でない通常の蛍光体層ではその表面では発光するが、層の内部ではほとんど発光しないのに対して多孔質発光体層においては層の表面に限らず層の内部でも発光するために発光効率がきわめて良好なものになる。これは多孔質発光体層の場合には放電により電子が層の内部へ進入し、その結果層全体で沿面放電が生じ、高輝度の発光が得られるからである。

#### 【0103】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0104】

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、実施の形態2の発光素子と同様に約0.57～1.2kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.39～0.78kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。発光は実施の形態2と同様に希ガスを封入していない場合に比べ電圧値で60～80%程度に低減しても発光した。この理由は希ガスを封入することにより、放電がより発生し易い雰囲気になるためであり、また加圧にすることで輝度を著しく高くすることができた。

#### 【0105】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまるとき電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても実施の形態2の発光素子と比較して高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

#### 【0106】

因みに、本実施の形態における誘電体層を有していない発光素子を大気中で発光させる際には上記の希ガスを加圧の状態で封入した場合に比較すると、駆動に際して約0.89～1.9kV/mmの比較的電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.62～1.3kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させることが必要であった。

#### 【0107】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝

度の発光が得られ、通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、多孔質発光体層の全体が満遍なく発光することに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0108】

(実施の形態5)

図10を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に複数個の貫通孔を有する多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が気体層を介して配置された発光素子について説明する。

#### 【0109】

図10は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層、11は隔壁及び15は貫通孔である。

#### 【0110】

図10の発光素子の製造方法は以下のようである。図に示すように、ガラス又はセラミック製の基板5の片面にAgペーストを $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さに焼き付けて、第一の電極6を所定の形状に形成する。次に、誘電体層10を第一の電極6の上に形成する。具体的には、BaTiO<sub>3</sub>粉末40wt%に対してガラス粉末15wt%を混合した粉体に $\alpha$ -テレビネオール40wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを調製し、これを所定の形状にスクリーン印刷してから乾燥し、大気中で400~600℃で熱処理することにより、 $80\sim200\text{ }\mu\text{m}$ の厚さの誘電体層10を形成した。

#### 【0111】

次に、実施に形態1と同様にMgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を準備する。蛍光体粒子3として、平均粒径が $2\sim3\text{ }\mu\text{m}$ のBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>（青）、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>（緑）、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>（赤）等の無機化合物を用いることが可能である。

#### 【0112】

本実施の形態においてはMgOからなる絶縁層4で表面が被覆された蛍光体粒子3をポリビニールアルコール5wt%と混合し造粒した後、成型用金型を用いて約50MPaの圧力で板状に成形した。こうして得られた成型体を窒素雰囲気中450~1200℃で2~5時間熱処理を行い、板状に焼結された多孔質発光体2を作製した。本実施の形態においては焼結する前に成型体に細い金属の針を用いて、図10に示すように成型体の所望の位置に複数箇所の貫通孔を設ける。

#### 【0113】

上記のようにして得られた複数個の貫通孔を有する板状の多孔質発光体2を誘電体層にガラスペーストを用いて貼付する。その際、図10に示すようにガラスペーストは誘電体層の両端の位置にスクリーン印刷し、ここへ多孔質発光体層を接着する。しかるのちに、580℃で熱処理すると多孔質発光層2は誘電体層10に気体層9が介在する状態で接着される。

#### 【0114】

次に、ITO（インジウム-錫酸化物合金）からなる第二の電極7が多孔質発光体層に対向して位置するようあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層を覆うと、図10に示すような本実施の形態における発光素子1が得られる。その際、多孔質発光体層2と第二の電極7の間には気体層のわずかな間隙が生じるように、ガラス

ペースト、コロイダルシリカ、水ガラス又は樹脂等を用いて透光性基板8を熱処理により貼付する。こうすることにより、多孔質発光体層の両端のガラスペースト等は隔壁11としての機能を有していることになる。

### 【0115】

上記の多孔質発光体層の上下に位置する気体層の厚さは20～250μmの範囲が適当であり、特に30～220μmの範囲が好ましい。上記の範囲より大きくなると、放電の発生に高電圧を印加する必要があり、経済性の点で好ましくない。また、上記の範囲より厚さは薄くても差し支えがなく気体の平均自由行程以上であれば特に問題はないが、非常に薄くなると製造工程において厚さを制御することが難しくなる。なお、多孔質発光層の上下の気体層の厚さは必ずしも同じである必要はない。しかしながら、本実施の形態のように発光体層の上下の2箇所に気体層を設ける場合にはそれぞれの厚さは実施の形態1のように1箇所しか気体層が設けられていない場合よりやや薄く設定する方が好ましい。その理由は気体層が厚くなると、放電に際して比較的高い電圧を印加する必要が生じるからである。

### 【0116】

上述のように、本実施の形態においては複数個の貫通孔を有する多孔質発光体層の上下に気体層を設けることに特徴を有するものである。一対の電極である第一の電極と第二の電極に交流電界を印加する。印加する交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになり、その際気体層で電子が増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し蛍光体粒子の発光中心が電子で励起されて発光する。このように気体層は電子供給源として作用し、発生した電子は多孔質発光体層へ発光体層の両側からのみならず貫通孔からも層内部へ注入され、発光層は満遍なく均一に発光するようになる。発光層に注入された電子は多孔質発光体層の全体で沿面放電を発生させながら発光体層を雪崩のように通過する。沿面放電は電界が印加されている間継続して生じ、電子が蛍光体粒子3の発光中心に衝突し、粒子3が励起されて発光する。このように多孔質発光体層の上下や貫通孔から電子が発光体層へ効率よく注入される結果、実施の形態3で記述した多孔質発光体層が貫通孔を有していない場合と比較すると、本実施の形態における多孔質発光体層は層全体が効率よく発光し、その結果輝度は格段に向上する。

### 【0117】

上述のようにして、本実施の形態においては気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に複数個の貫通孔を有する多孔質発光体層の一方の面に気体層を介して、誘電体層と電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が配置され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が配置されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が前記気体層を介して配置された発光素子が作製できる。

### 【0118】

なお、本実施の形態においては蛍光体粒子3の表面をMgOからなる絶縁層4で被覆したものを使用したが、MgOは抵抗率が高く(10<sup>9</sup>Ω·cm以上)、沿面放電を効率よく発生させることができるようになるからである。絶縁層の抵抗率が低い場合には沿面放電が発生し難く、ときには短絡する虞があるため好ましくない。このような理由から抵抗率が高い絶縁性金属酸化物で被覆することが望ましい。もちろん使用する蛍光体粒子自体の抵抗率が高い場合には絶縁性金属酸化物で被覆しなくとも沿面放電が容易に発生する。絶縁層としては、上記のMgO以外に、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Li<sub>2</sub>O、CaO、BaO、SrO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>から選択された少なくとも1つを用いることができる。これらの酸化物の標準生成自由エネルギー $\Delta G_f^{\circ}$ は非常に小さく(例えば、室温で-100kcal/mol以下)、安定な物質である。また、これらの絶縁層は抵抗率が高く、還元され難い物質であるため、電子による蛍光体粒子の還元や劣化を抑制する保護膜としても優れていて、その結果蛍光体の耐久性も高くなり好都合である。

### 【0119】

また、絶縁層の形成には上記のゾル・ゲル法以外に化学吸着法や、CVD法、スパッタ

法、蒸着法、レーザ法、剪断応力法などを用いる物理吸着法によって行うことも可能である。絶縁層は均質、均一であって剥離しないことが望ましく、絶縁層を形成する際には蛍光体の粒子を酢酸、シュウ酸、クエン酸などの弱酸溶液に浸漬し、表面に付着している不純物を洗浄することが肝要である。

#### 【0120】

さらに、絶縁層を形成する前に蛍光体の粒子を窒素雰囲気中で200～500℃、1～5時間程度前処理することが望ましい。その理由は、通常の蛍光体粒子は吸着水や結晶水を多量に含んでおり、このような状態で絶縁層を形成すると輝度低下や発光スペクトルのシフト等の寿命特性に好ましくない影響を及ぼすことになるからである。蛍光体の粒子を弱酸性溶液で洗浄する場合にはその後によく水洗してから上記の前処理を行う。

#### 【0121】

多孔質発光体層を形成する熱処理工程で留意すべきことは、熱処理温度と雰囲気である。本実施の形態では窒素雰囲気中で450～1200℃の温度範囲で熱処理を施したために、蛍光体にドープされた希土類原子の価数に変化がなかった。しかし、この温度範囲より高温で処理するときには希土類原子の価数が変化することや絶縁層と蛍光体からなる固体が発生する可能性があり注意が必要である。

#### 【0122】

また、熱処理温度の上昇と共に多孔質発光体層の焼結密度が大きくなることにも注意が必要であり、これらのことから判断すると最適の熱処理温度としては450～1200℃の範囲が好ましい。熱処理雰囲気については、上述のように蛍光体粒子にドープされている希土類原子の価数に影響を及ぼさないようにするために窒素雰囲気が好ましい。

#### 【0123】

絶縁層の厚さは本実施の形態では0.1～2.0μm程度としたが、蛍光体粒子の平均粒径や沿面放電を効率よく発生させることを考慮して決定される。また、蛍光体の平均粒径がサブミクロンオーダーになると、比較的薄く被覆する方がよい。絶縁層が厚くなると発光スペクトルのシフト、輝度低下等が発生するため好ましくない。逆に、絶縁層が薄くなると沿面放電がやや発生し難くなることが推定される。従って、蛍光体粒子の平均粒径と絶縁層の厚さの関係は前者1に対して後者が1/10～1/500の範囲にあることが望ましい。

#### 【0124】

次に、この発光素子1の発光作用について図10を参照しながら説明する。

#### 【0125】

図に示すように発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加された場合、放電が起こるようになり、気体層で電子が増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し多孔質発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層の上下及び貫通孔の壁面から発光体層へ注入され、発光体層の全体で沿面放電を発生しながら発光体層の内部を雪崩のように通過するようになる。沿面放電は電界が印加されている間継続して生じ、雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。このように本実施の形態においては多孔質発光体層の上下及び貫通孔の壁面から電子が発光層の内部まで進入する結果、実施の形態1及び3で記述した発光素子のように多孔質発光体が貫通孔を有していない場合に比較して、多孔質発光体層は層全体が満遍なく均一に効率よく発光し、輝度は著しく高くなる。

#### 【0126】

また、本実施の形態においては焼結密度が理論密度の50～90%の多孔質発光体を使用しているため、多孔質でない通常の発光体層ではその表面では発光するが、層の内部ではほとんど発光しないのに対して、本実施の形態における多孔質発光体層においては発光層の表面に限らず層の内部でも満遍なく発光するために発光効率がきわめて良好なものになる。これは多孔質からなる発光体層の場合には通常の蛍光体に比較して電子が層の内部

まで円滑に注入され、その結果発光層全体で沿面放電が生じ、高輝度の発光が得られるからである。また、本実施の形態における多孔質発光体層のように複数個の貫通孔を有する発光体層においては電子の注入が発光体層の内部まで円滑に行われるため、多孔質発光体層はその表面だけでなく層全体が均一に万遍なく発光するため輝度は格段に向上する。

#### 【0127】

なお、本実施の形態において使用する多孔質発光体はその密度が理論密度の90%未満の多孔質構造を有するものであることが望ましい。また、発光体の焼結密度が非常に小さい場合、つまり気孔率がきわめて大きくなると、かえって発光効率が低下することや多孔質発光体層の内部において沿面放電が発生しにくくなることなどの理由から、焼結密度は理論密度の50~90%の範囲が適当である。この範囲の内で特に、70~85%の範囲がより好ましい。

#### 【0128】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0129】

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.78~1.6kV/mの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.55~1.0kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は大きくなると電子の発生を促進するが、小さくするとそれらの発生は不十分になる。

#### 【0130】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや加圧又は負圧の状態にされた気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0131】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られる。通常の蛍光体のようにその表面だけで発光するのではなく、放電により発生した電子が多孔質発光体層の両側と貫通孔から発光体層に照射される結果、層全体が満遍なく発光し高輝度の発光が得られることに特徴がある。そのため、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。なお、多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0132】

##### (実施の形態6)

図11を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が複数個のビーズを有

する気体層を介して配置された発光素子について説明する。

#### 【0133】

図11は本実施の形態における発光素子の断面図である。図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層及び16はビーズである。

#### 【0134】

図11に示すように、本実施の形態の発光素子は実施の形態1における発光素子において、隔壁を設けなかったこと及び気体層に複数個のビーズを配置させたこと以外実施の形態1の発光素子と同様のものである。

#### 【0135】

実施の形態1と同様に蛍光体粒子3として、平均粒径が $2\sim3\mu\text{m}$ のBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>(青)、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>(緑)、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>(赤)等の無機化合物を用いることが可能である。その表面にMgOからなる絶縁層4を形成する方法はいずれの蛍光体粒子についても共通であり、具体的にはMgプレカーサー錯体溶液に蛍光体粒子3を加えて長時間にわたって攪拌してから蛍光体粒子を取り出して乾燥後、大気中において400~600℃で熱処理することにより、MgOの均一なコーティング層、すなわち絶縁層4を蛍光体粒子3の表面に形成させた。

#### 【0136】

発光素子は実施の形態1に準じて製造できるが、実施の形態1において多孔質発光体層を形成してから80から250μm径のガラスビーズを含有するα-テレピネオールの1wt%溶液を調製して多孔質発光体層の上に塗布し、ITO(インジウム-錫酸化物合金)からなる第二の電極7が多孔質発光体層に対向して位置するようあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層を覆って、大気中で400~600℃の温度で熱処理すると、ガラスビーズが溶融して図11に示すような本実施の形態の発光素子1が得られる。こうすることにより、多孔質発光体層2と第二の電極7の間に50~70μm程度のわずかな間隙が生じ、そこには複数個のガラスのビーズが存在する状態で透光性基板8が支持される。

#### 【0137】

なお、ガラスのビーズの代わりに、透光性のあるアクリル樹脂のビーズを多孔質発光体層と第二の電極の間に介在させてよい。ビーズの種類、サイズ及び熱処理条件を選定することにより、多孔質発光体層と第二の電極の間のビーズを有する気体層の厚さを所望の値に設定することが可能である。また、気体層が有するビーズの個数は発光輝度に影響を及ぼさないように配慮してビーズを含有する塗布溶液を調製する。こうして気体層にビーズを導入し、気体層の厚さを調整すれば発光素子の発光効率の向上や放電電圧の低減に寄与することができる。また、本実施の形態における発光素子については、特に隔壁を設置しなかったが、必要に応じて設置することは可能である。

#### 【0138】

上述のようにして、本実施の形態においては気体層と前記気体層に接觸する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子で、特に多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するための一対の電極の内の第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に前記一対の電極の内の第二の電極が複数個のビーズの存する気体層を介して配置された発光素子を作製することができる。

#### 【0139】

次に、この発光素子1の発光作用について図11を参照しながら説明する。

#### 【0140】

図11に示すように発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになる。本実施の形態においては後述のように気体層に複数個のビーズが存在

しているため、ビーズのない気体層だけに比べると比較的低電圧の印加で放電が発生した。

放電が起こると気体層で電子が増倍されて、電子が多孔質発光体に衝突し、多孔質発光体層の蛍光体粒子の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用し、発生した電子は多孔質発光体層に注入され、沿面放電を伴いながら多孔質発光体層を雪崩のように通過することになる。沿面放電は電界が印加されている間継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

#### 【0141】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0142】

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.57～1.1kV/mの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.41～0.82kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。このように本実施の形態における発光素子においては気体層に複数個のビーズが存在しているため、ビーズのない気体層だけに比べると放電が発生し易くなり、駆動電圧の低減化が達成されることから経済性に優れている。

#### 【0143】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0144】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られ、通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、多孔質発光体層の全体が満遍なく発光することに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0145】

(実施の形態7)

図12A、B及びCを参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され、前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在する発光素子について説明する。

#### 【0146】

図12は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二

の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層、11は隔壁及び19はスリットである。

#### 【0147】

実施の形態1と同様にしてMgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を準備する。蛍光体粒子3として、平均粒径が2～3μmのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>（青）、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>（緑）、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>（赤）等の無機化合物を用いることが可能である。

#### 【0148】

本実施の形態においてはMgOからなる絶縁層4で表面が被覆された蛍光体粒子3をポリビニールアルコール5wt%と混合し造粒した後、成型用金型を用いて約50MPaの圧力で板状に成形した。こうして得られた成型体を窒素雰囲気中450～1200℃で2～5時間熱処理を行って板状に焼結された多孔質発光体2を作製した。

#### 【0149】

上記のようにして得られた板状の多孔質発光体2を基板5にガラスペーストを用いて580℃で熱処理することにより基板に密着させて貼付する。しかるのちに、既述した方法により再びガラスペーストをスクリーン印刷してから熱処理を行って多孔質発光体層の両端に隔壁11を形成する。

#### 【0150】

次に、ITO（インジウムー錫酸化物合金）からなる第一の電極6と第二の電極7が所定の間隔を有して配置されているガラス板等の透光性基板8で多孔質発光体層を覆うと、図12Aに示すような一対の電極間に気体層を有する本実施の形態における発光素子1が得られる。その際、透光性基板に形成された一対の電極と多孔質発光体層を密着させても構わないが、隔壁11の高さを調整することにより一対の電極と多孔質発光体層が直接接触しないようにすることもできる。一対の電極が多孔質発光体層にぴったりと接触している場合には、多孔質発光体の表面の近傍で放電が発生し易くなり、やや低い印加電圧で発光が開始するという利点があるが、発光強度が電極と発光層の接触部で強くなるという発光箇所の局在化が生じやすくなり、多孔質発光体層の全体で満遍なく均一に効率よく発光させるためには密着させないで、わずかに間隔を設ける方が望ましい。

#### 【0151】

上記のように一対の電極が多孔質発光体層と密着させる場合には発光の強さを均一にするために、図12Bに示すように多孔質発光体層2にスリット19を少なくとも1つ設けることにより改善される。スリットは多孔質発光体を既述したように板状に成形してから焼結する前に成型体にナイフ等で50～70μm程度のスリットを垂直方向に形成してから焼結すればよい。このようにして得られた多孔質発光体層を用いて、上述したものと同様の方法で図12Bに示すような本実施の形態の発光素子を作製することができる。

#### 【0152】

さらに、発光に際して駆動電圧の低減を図るために、図12Cに示すように、一対の電極と多孔質発光体層の間に誘電体層を介在させることにより達成できる。具体的には、BaTiO<sub>3</sub>粉末40wt%に対してガラス粉末15wt%を混合した粉体にα-テレビネオール40wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを調製し、これを多孔質発光体層の上に所定の形状にスクリーン印刷してから乾燥し、大気中で400～600℃で熱処理することにより、80～100μmの厚さの誘電体層10を形成した。

#### 【0153】

本実施の形態では誘電体としてBaTiO<sub>3</sub>を用いたが、PZT(PbZrO<sub>3</sub>)やPbTiO<sub>3</sub>などの誘電体を用いても同様の効果が得られる。また、誘電体層には焼結体を使用してもよいし、スパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで誘電体層を形成することもできる。

#### 【0154】

こうすることにより、誘電体層を形成させてから一対の電極を配置したガラス等の透光性基板8を誘電体層の上に配置すると図12Cに示すような本実施の形態の発光素子が得

られる。

#### 【0155】

なお、一対の電極は通常のITOで形成する代わりに、銅の配線が例えば樹状に精細に施された透光性基板を使用することも可能である。その際、開口率（配線が施されていない部分の全体に対する割合）は約90%であり、光の透過はITO膜を有する透光性基板に比較してほとんど遜色がない。また、銅はITOに比較して、かなり低抵抗であることから発光効率の向上に大きく寄与するので好都合である。このような配線を施す金属としては銅以外に金やアルミニウムを使用することも可能である。

#### 【0156】

次に、発光素子1の発光作用について図12A、B及びCを参照しながら説明する。本実施の形態においては大気中において発光素子を駆動した。

#### 【0157】

発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起こるようになる。その結果、気体層で電子が増倍されて、それが多孔質発光体に衝突し発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層に注入され、沿面放電を発生しながら多孔質発光体層を雪崩れるように通過することになる。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

#### 【0158】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0159】

図12Aの発光素子においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.63~1.3kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.45~0.90kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。このように発光素子を大気中で駆動すると、実施の形態2のものと比較して駆動電圧を低減することができた。これは一対の電極が多孔質発光体の片面に接触させた状態で設けられているため、気体放電が誘発され易くなるものと推定され、やや低い電圧で発生する。

#### 【0160】

次に、図12Bの発光素子においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.72~1.5kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.5~1.0kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。この発光素子を大気中で駆動すると、図12Aのものと比較して駆動電圧はやや高くなった。これはスリット設けられているために、上記の発光素子より気体放電がやや発生し難くなつたためであると推定される。

#### 【0161】

また、図12Cの発光素子においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.58~1.2kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.41~0.82kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。この発光素子は大気中で駆動すると、図12Bのものと比較して駆動電圧をかなり低くすることができた。これは誘電体層が多孔質発光体と電極の間に介在しているため、気体放電が非常に発生し易くなつたためであると考えられる。

**【0162】**

また、本実施の形態における発光素子ではいずれも放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

**【0163】**

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

**【0164】**

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られ、通常の蛍光体のようにその表面だけで発光するのではなく、多孔質発光体層の全体が満遍なく発光することに特徴がある。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

**【0165】**

## (実施の形態8)

図13を参照しながら、気体層と前記気体層に接触する多孔質発光体層と前記気体層及び前記多孔質発光体層とに電界を印加するための少なくとも一対の電極とを有する発光素子であって、特に多孔質発光体層の片面に電界を印加するための一対の電極である第一の電極と第二の電極が配置され前記第一の電極と前記第二の電極の間には気体層が存在し、前記多孔質発光体層の前記一対の電極が配置されていない他の面に背後電極を形成する発光素子について説明する。

**【0166】**

図13は本実施の形態における発光素子の断面図であり、図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は気体層、10は誘電体層、11は隔壁、17は背後電極及び19はスリットである。

**【0167】**

本実施の形態は実施の形態7において、A gペイントを焼き付けて背後電極17をあらかじめ形成した基板5を使用したこと以外は実施の形態7と同様のものである。したがつて、これらの発光素子は実施の形態7に準じて容易に製造することができる。

**【0168】**

次に、発光素子1の発光作用について図13A、B及びCを参照しながら説明する。本実施の形態においては大気中において発光素子を駆動した。

**【0169】**

発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界を徐々に大きくし、気体層に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加されると放電が起るようになる。その結果、気体層で電子が増倍されて、電子が多孔質発光体に衝突し発光体層の発光中心が電子で励起されて発光する。このように、気体層は電子供給源として作用していて、発生した電子は多孔質発光体層に注入され、沿面放電を起こしながら多孔質発光体層を雪崩れるように通過することになる。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

**【0170】**

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、ま

た周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要があり、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0171】

発光素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。

#### 【0172】

図13A、B及びCの発光素子においては多孔質発光体層の厚さに対して大気中で約0.59～1.2、0.68～1.4及び0.55～1.1kV/mmの電界をそれぞれ印加して蛍光体粒子を発光させて、その後約0.42～0.85、0.47～0.95及び0.39～0.78kV/mmの交番電界をそれぞれ印加することにより沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。上述のように本実施の形態においてはこれらの発光素子を実施の形態7と同様に大気中で駆動すると、いずれの発光素子についても駆動電圧を低減することができた。これは発光素子においても背後電極が設けられているために気体放電が比較的低い電圧で誘発されるためであると推定される。

#### 【0173】

さらに、本実施の形態の特徴は背後電極に電圧を印加することができるにある。一対の電極と背後電極の間に電界を印加することにより、印加しない場合と比較すると放電が更に誘発され易くなり、その際放電で発生した電子を多孔質発光体層に引き込みながら効率よく注入できるという利点があり、その結果発光体層全体で均一に満遍なく発光させることができることが可能になる。

#### 【0174】

因みに、図13A、B及びCの発光素子において、一対の電極と背後電極の間に0.25kV電圧を印加した場合には多孔質発光体層の厚さに対して、大気中で一対の電極に約0.47～1.1、0.61～1.3及び0.49～1.0kV/mmの電界をそれぞれ印加して蛍光体粒子を発光させて、その後約0.38～0.76、0.42～0.84、0.35～0.70kV/mmの交番電界をそれぞれ印加することにより沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。本実施の形態においては一対の電極と背後電極の間に電界を印加することにより、駆動電圧をかなり低減することができるのみならず、放電で発生した電子が多孔質発光体層に引き寄せられながら効率よく注入させることができることと発光輝度の向上が可能になった。

#### 【0175】

また、本実施の形態における発光素子において、放電時の電流値はいずれも0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの蛍光体粒子の発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

#### 【0176】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、希ガスや減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0177】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。電子による発光であるため効率のよい高輝度の発光が得られるという特徴がある。また、背後電極へ電界を印加することにより電子が多孔質発光体層の方へ引き寄せられながら発光体層へ注入されるため、効率よく高輝度の発光が得られる。多孔質発光体層においては

通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、多孔質構造のため発光層が全体で満遍なく発光する結果、高輝度化を達成できる。

#### 【0178】

さらに、電子による沿面放電による発光であることからプラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。また、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

#### 【0179】

##### (実施の形態9)

図14と図15を参照しながら、実施の形態1と同様の多孔質発光体層の一方の面上に電界を印加するための一対の電極の内で第一の電極が誘電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面上に前記一対の電極の内で第二の電極が気体層を介して配置された発光素子であって、特に多孔質発光体層について説明する。

#### 【0180】

図14と図15は本実施の形態における多孔質発光体層の断面を拡大した模式図である。これらの図において、2は多孔質発光体層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、及び18は絶縁性繊維である。

#### 【0181】

本実施の形態においては蛍光体粒子表面の絶縁層の有無によらず、蛍光体粒子とセラミックやガラス等の絶縁性繊維18からなる多孔質発光体層2を形成した。

#### 【0182】

絶縁性繊維18の一例として、 $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$ 系の繊維を使用し、その直徑は $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ 、長さは $0.5 \sim 20 \mu\text{m}$ であることが好ましく、この範囲のサイズの繊維を蛍光体粒子2重量部、繊維1重量部の割合で混合して用いることにより気孔率が比較的大きくなり、その結果沿面放電が多孔質発光体層内部で満遍なく発生するようになり好ましいものとなる。本実施の形態においては多孔質発光体層を形成する際に、蛍光体粒子と絶縁性繊維の混合物50wt%に対して $\alpha$ -テレピネオール45wt%、エチルセルロース5wt%を混練したペーストを調製し、実施の形態1と同様にペーストをパターング状にスクリーン印刷して多孔質発光体層を形成した。このようにして得られた絶縁性繊維18を含有する多孔質発光体層の断面を拡大した模式図を図14と図15に示す。図14は蛍光体粒子3と絶縁性繊維18からなる多孔質発光体層2であり、図15は表面が絶縁層4で被覆された蛍光体粒子3と絶縁性繊維からなる多孔質発光体層である。また、第一の電極、誘電体層、第二の電極、誘電体層及び隔壁の形成は実施の形態1と同様の方法で実施することにより、最終的に実施の形態1と同様の発光素子を作製した（図示せず）。

#### 【0183】

絶縁性繊維として $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$ 系の繊維を選定した理由は、熱的、化学的に安定で抵抗率が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であること、多孔質発光体層において50~90%の大きな気孔率が容易に得られること、及び繊維の表面で放電が発生し易く結果的に多孔質発光体層全体で沿面放電の発生が可能になることからである。なお、上記の絶縁性繊維以外に $\text{SiC}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 系のものを含有する絶縁性繊維を用いてもほぼ同様の結果が得られる。

#### 【0184】

次に、この発光素子の発光作用は実施の形態1のものと同様である。発光素子を駆動するために、第一の電極と第二の電極の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。それに伴って放電が生じて電子が発生し、多孔質発光体層に電子が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子が蛍光体粒子衝突し、蛍光体粒

子3の発光中心が励起されて発光する。

【0185】

本実施の形態においては多孔質発光体層の厚さに対して、約0.65～1.4kV/mの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.45～0.90kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は実施の形態1の場合よりやや低減することができた。その際、電圧を大きくすると電子の発生が促進されるが、小さいと発生は抑制された。

【0186】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0187】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0188】

本実施の形態の発光素子によれば、厚膜プロセス等により多孔質発光体層を形成しているため、従来のように発光素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、多孔質発光体層に注入される電子に基づく沿面放電による発光であることから高輝度の発光が得られ、通常の蛍光体のようにその表面だけが発光するのではなく、多孔質発光体層の全体が満遍なく発光することに特徴があり、絶縁性繊維を含めて多孔質発光体層を作製すれば発光素子の駆動電圧を低減させることができる。また、プラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好である。さらに、大型ディスプレイで使用する際の消費電力が比較的小さい発光素子を提供することができる。多孔質発光体層の両端に放電分離手段として隔壁を設置することにより、発光のクロストークを容易に回避することが可能である。

【0189】

(実施の形態10)

図16を参照しながら、多孔質発光体層の一方の面に誘電体層とアドレス電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面に気体層を介してデータ電極が配置された複数個の前記多孔質発光体層の集合体からなる発光素子について動作を説明する。

【0190】

図16は本実施の形態における発光素子の分解斜視図であり、わかり易いために放電分離手段としての隔壁を図示せずに、空隙とした場合の発光素子のアレイを示したものである。また、図の発光素子のアレイは一例を示したものであり、必ずしもこれに限定されるものではない。図において1は発光素子、2は多孔質発光体層、5は基板、8は透光性基板、10は誘電体層、12は空隙、21はアドレス電極及び22は表示電極である。

【0191】

図16に示すように、本実施の形態の発光素子1においては基板5の上にアドレス電極21が形成され、その上に誘電体層10を有する複数個の多孔質発光体層2が規則的に配置されていて、R、G及びBの三色を発光する多孔質発光体層のアレイが形成されている。透光性基板8には、表示電極22がアドレス電極21と交差するように多孔質発光体層2に対向して形成されていて、このような透光性基板8を多孔質発光体層のアレイ上に気体層を介して配置することにより、最終的に図16に示すような発光素子1が構成される。本実施の形態におけるアドレス電極と表示電極は既述した実施の形態1乃至9における第一の電極と第二の電極にそれぞれ対応させることも可能であるが、場合によっては別に設置するようにしてもよい。

【0192】

このようにして、多孔質発光体層の一方の面に電界を印加するためのアドレス電極が誘

電体層を介して形成され、前記多孔質発光体層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面に表示電極が気体層を介して配置された発光素子が得られる。このように構成された本実施の形態における発光素子1においては多孔質発光体層に2次元の映像を表示することができる。すなわち、本実施の形態の発光素子1では所謂単純マトリックス駆動が可能であり、アドレス電極に順次パルス信号を送り、そのタイミングに合わせて表示電極にON/OFF情報を入れることによりアドレス電極と表示電極の交差する箇所の画素をON/OFFに応じて発光させて1ラインを表示する。走査パルスを順次切り替えることにより、2次元の像が表示できる。また、マトリックス状に配置された画素の1つ1つにトランジスタを置き、それぞれの画素をON/OFFすることによりアクティブ駆動も可能になる。本実施の形態においては多孔質発光体層の間に隔壁ではなく空隙を設けたものを図示しているが、このような空隙によっても発光のクロストークはほぼ解消されるが、実施の形態1で既述したように、単位発光素子間に隔壁を設ければ、発光のクロストークを確実に回避させることができる。

#### 【0193】

図17は本実施の形態の多孔質発光体層からなる発光素子のアレイで構成される表示パネルを用いた表示モジュールのブロック図を示す。図に示すように、先ず表示情報は画像メモリ23に蓄積され、続いて情報は表示コントローラ24の指示でタイミング・コントローラ25が受け取る。そして、最終的に表示情報はタイミング・コントローラ、Xドライバー26及びYドライバー27からなるドライバICにより映像として表示パネル28に映し出される。このような本実施の形態における多孔質発光体層からなる発光素子で構成される表示パネルはプラズマディスプレイで行われている紫外線による蛍光体の発光と比較すると発光効率がきわめて良好であり、消費電力が比較的小さくなるといった特徴を有するものである。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0194】

本発明は蛍光体層として多孔質発光体層を用いるものであり、簡単な構成により発光が得られることから発光素子の発光体として有用である。また、本発明は多孔質発光体層への電子の注入による沿面放電による発光であり、発光効率の優れた発光が得られるために一般のディスプレイ用の発光体として有用である。従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセス使用することがなく、真空系やキャリア増倍層も必要としないので加工が容易であるという特徴を有するものであり、かつ消費電力も少ないとから大型ディスプレイの作製にも有用である。さらに、本発明は多孔質発光体層からなる発光素子であり、放電分離手段の設置が比較的容易であることから発光に際してクロストークの回避された発光体の作製に有用である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0195】

【図1】本発明の実施の形態1における発光素子の断面図。

【図2】本発明の実施の形態1における発光素子の製造工程を説明するための図。

【図3】本発明の実施の形態1における発光素子の製造工程を説明するための図。

【図4】本発明の実施の形態1における発光素子の製造工程を説明するための図。

【図5】本発明の実施の形態1における発光素子の製造工程を説明するための図。

【図6】本発明の実施の形態1における多孔質発光体層の断面を拡大した模式図。

【図7】本発明の実施の形態2における発光素子の断面図。

【図8】Aは本発明の実施の形態3における発光素子の断面図、B同、別の発光素子の断面図。

【図9】本発明の実施の形態4における発光素子の断面図。

【図10】本発明の実施の形態5における発光素子の断面図。

【図11】本発明の実施の形態6における発光素子の断面図。

【図12】Aは本発明の実施の形態7における発光素子の断面図、Bは同、別の発光素子の断面図、Cは同、別の発光素子の断面図。

【図13】Aは本発明の実施の形態8における発光素子の断面図、Bは同、別の発光素子の断面図、Cは、同、別の発光素子の断面図。

【図14】本発明の実施の形態9における多孔質発光体層の断面を拡大した模式図。

【図15】本発明の実施の形態9における多孔質発光体層の断面を拡大した模式図。

【図16】本発明の実施の形態10における発光素子の分解斜視図。

【図17】本実施の形態10における多孔質発光体層からなる発光素子のアレイで構成される表示パネルを用いた表示モジュールのブロック図。

【図18】非特許文献2における従来例の発光素子の断面図。

【図19】特許文献3における従来例の発光素子の断面図。

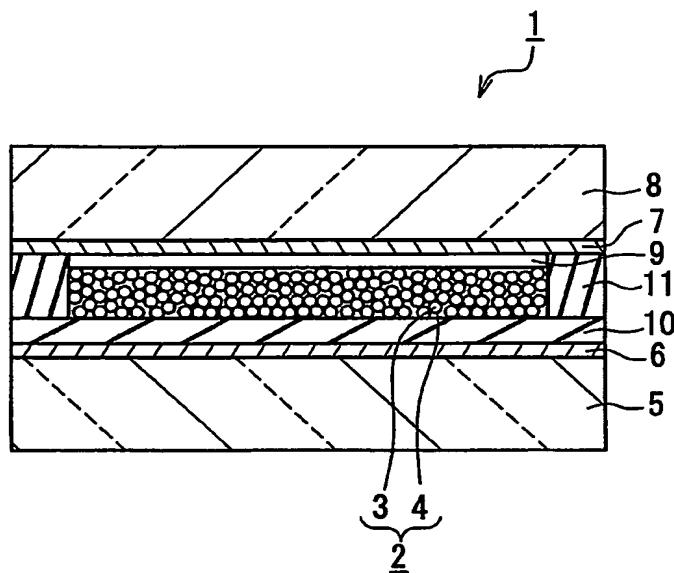
【図20】特許文献5における従来例の発光素子の断面図。

【符号の説明】

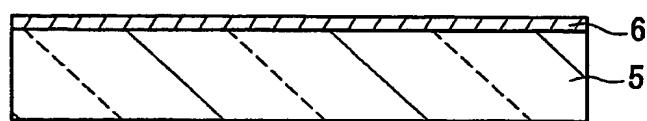
【0196】

- 1 発光素子
- 2 多孔質発光体層
- 3 萤光体粒子
- 4 絶縁層
- 5 基板
- 6 第一の電極
- 7 第二の電極
- 8 透光性基板
- 9 気体層
- 10 誘電体層
- 11 隔壁
- 12 空隙
- 15 貫通孔
- 16 ビーズ
- 17 背後電極
- 18 絶縁性纖維
- 19 スリット
- 21 アドレス電極
- 22 表示電極
- 23 画像メモリ
- 24 表示コントローラ
- 25 タイミング・コントローラ
- 26 Xドライバー
- 27 Yドライバー
- 28 表示パネル

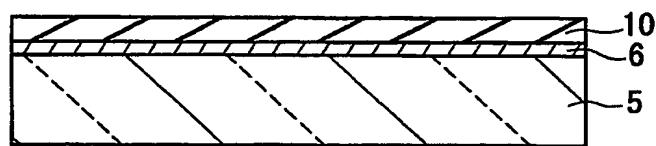
【書類名】図面  
【図1】



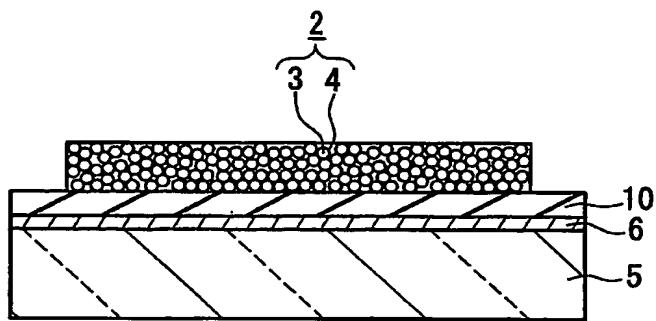
【図2】



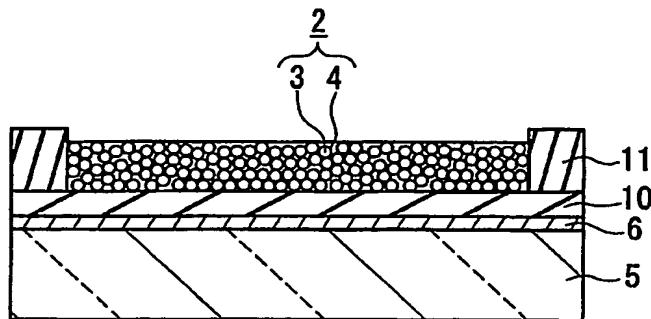
【図3】



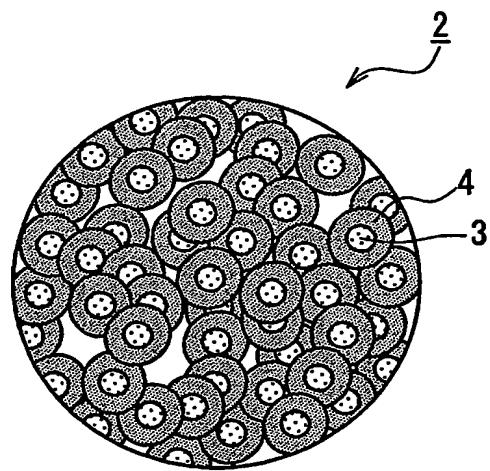
【図4】



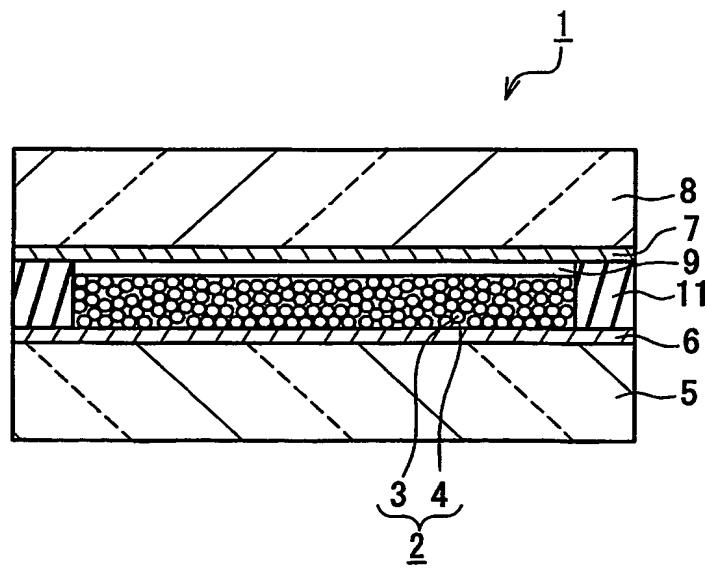
【図 5】



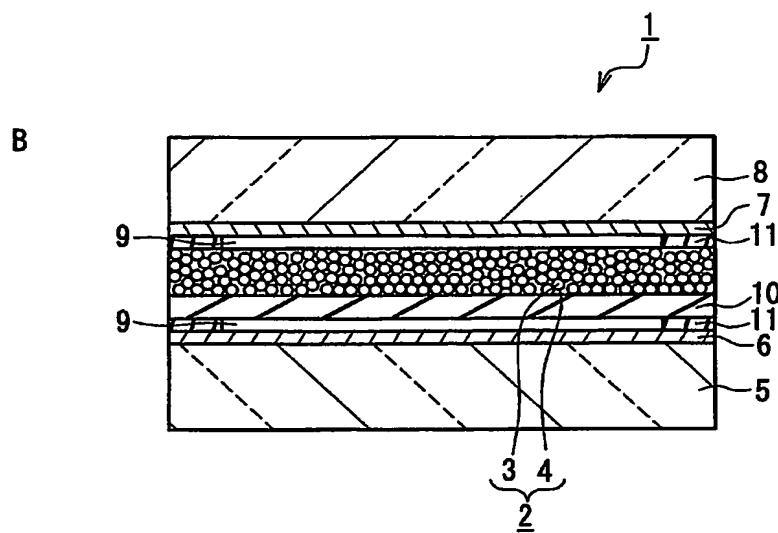
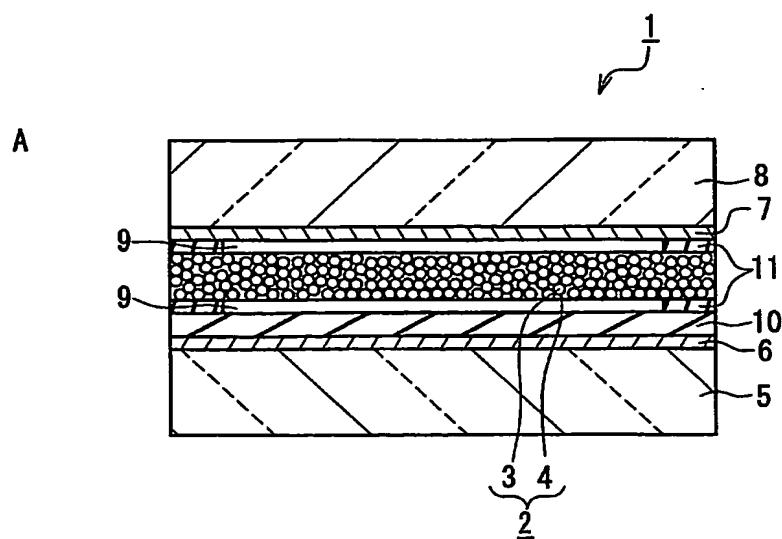
【図 6】



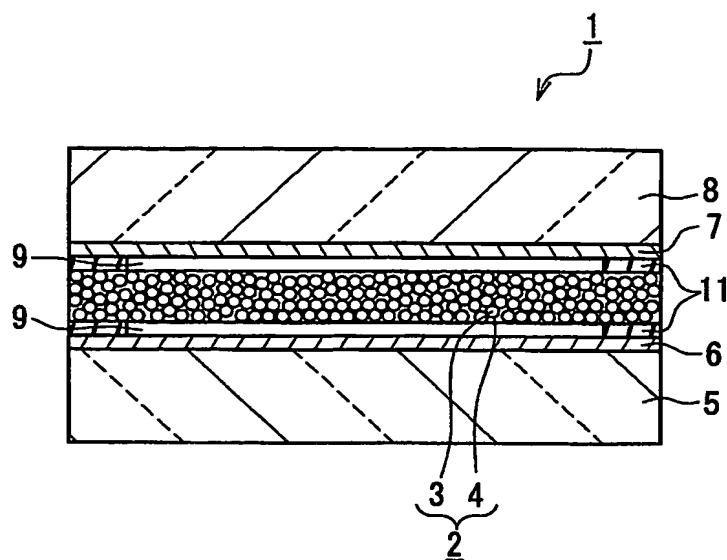
【図 7】



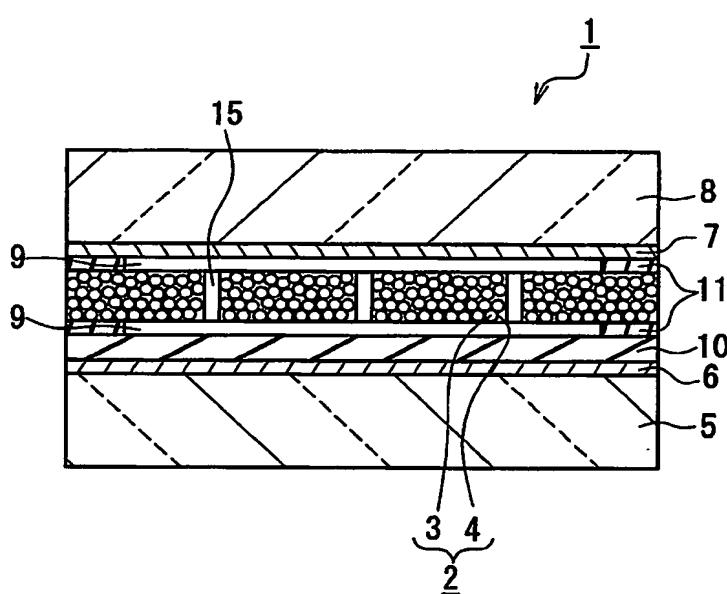
【図8】



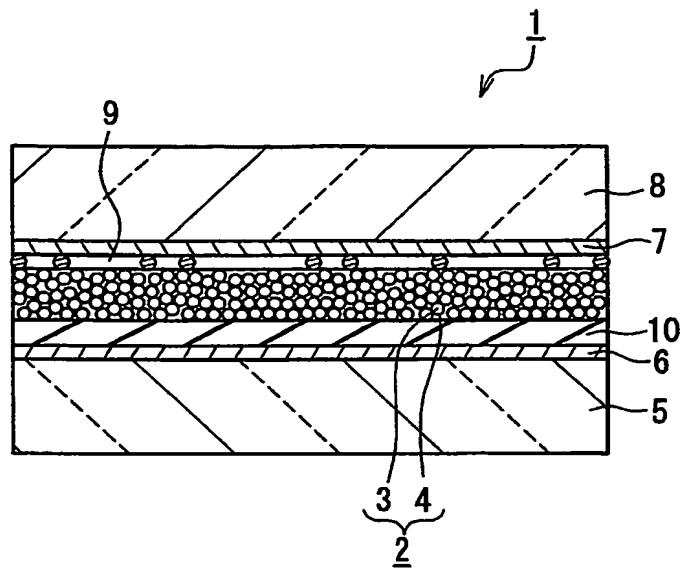
【図 9】



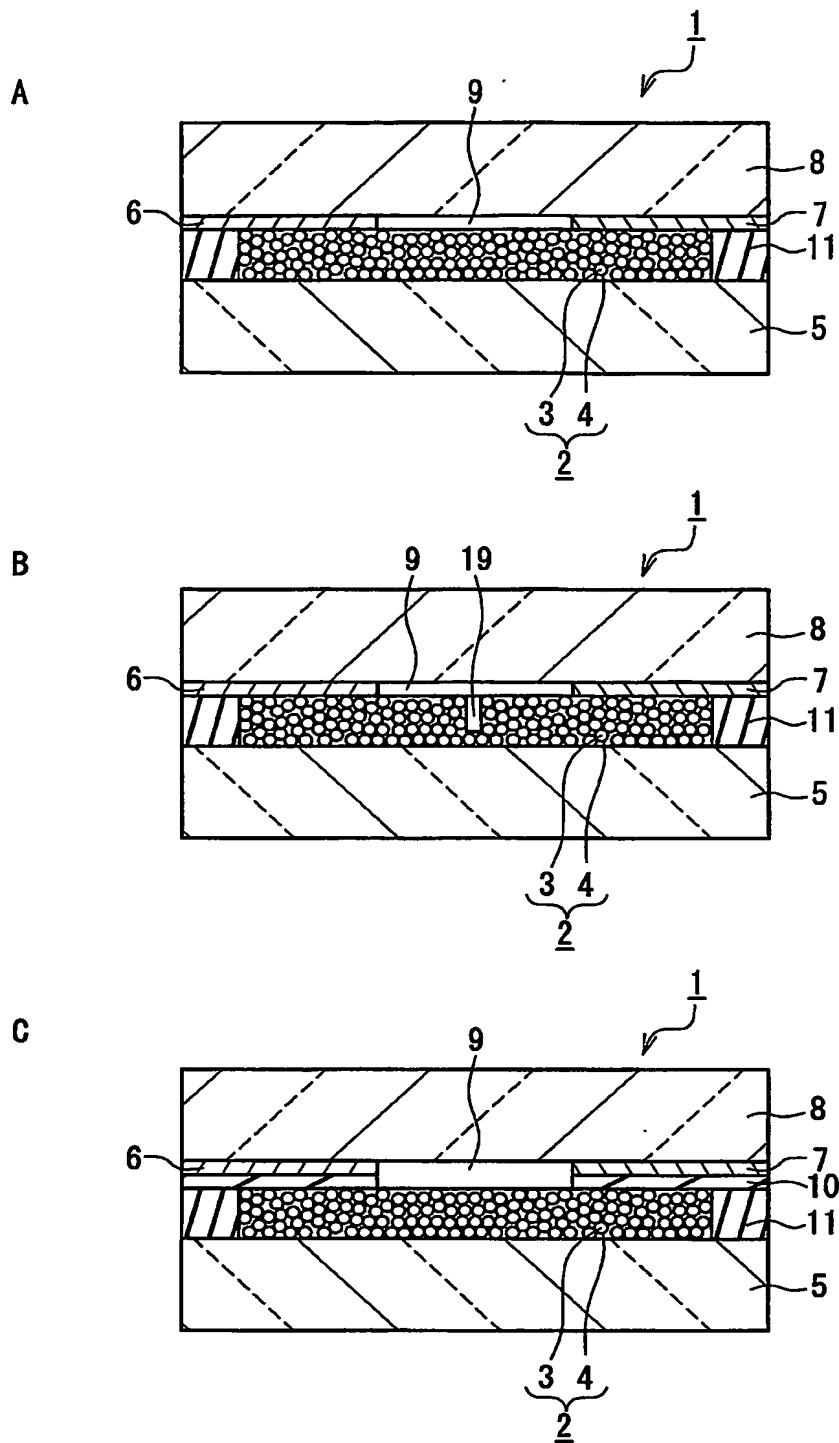
【図 10】



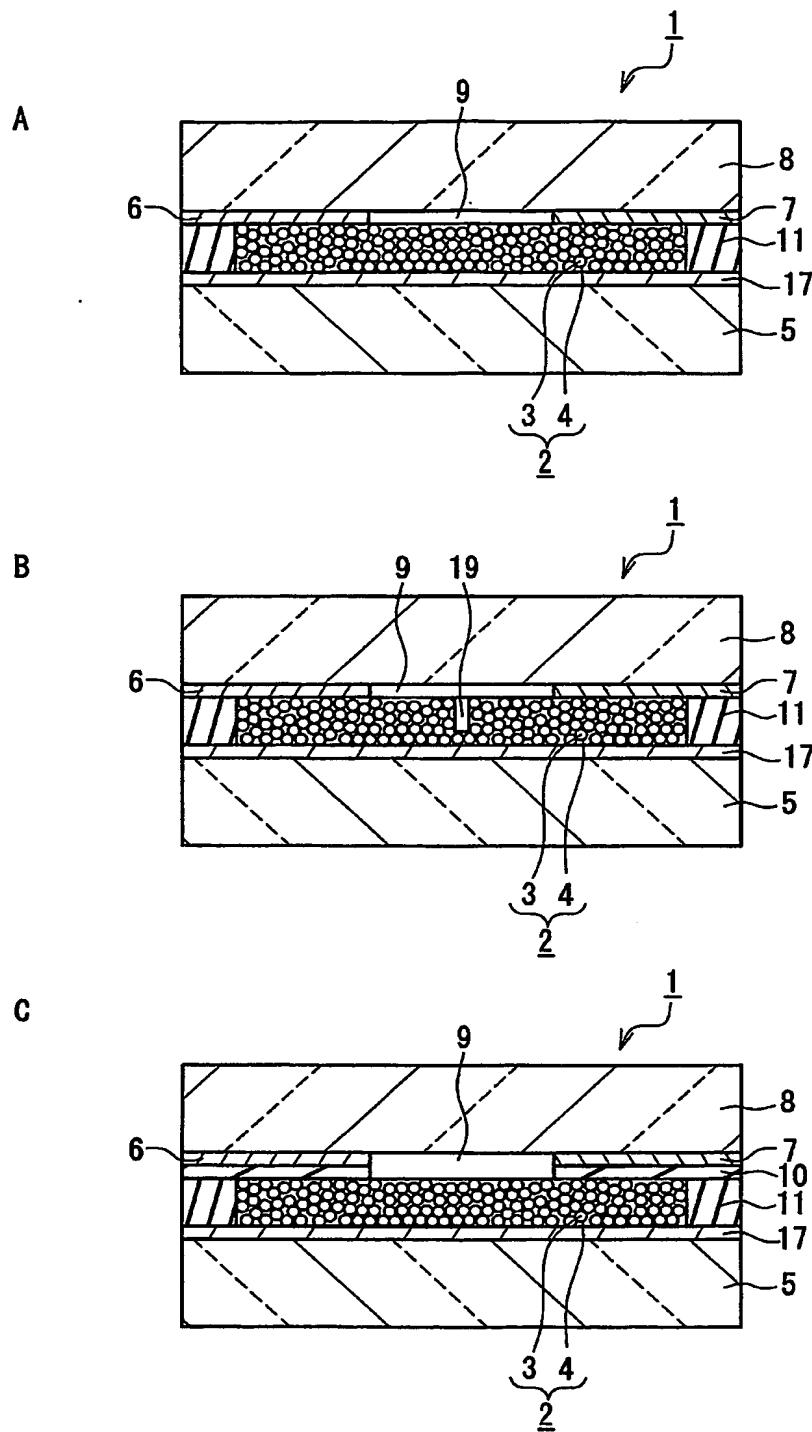
【図11】



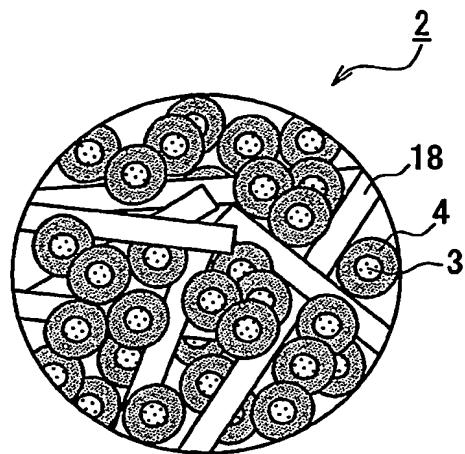
【図12】



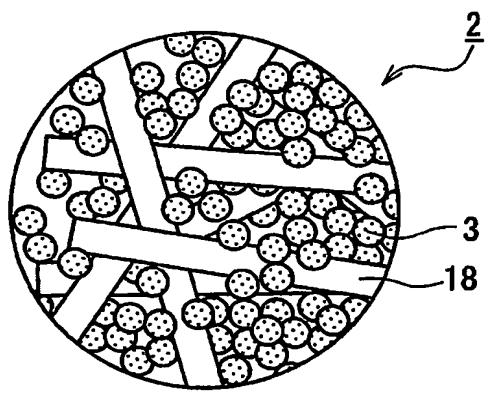
【図13】



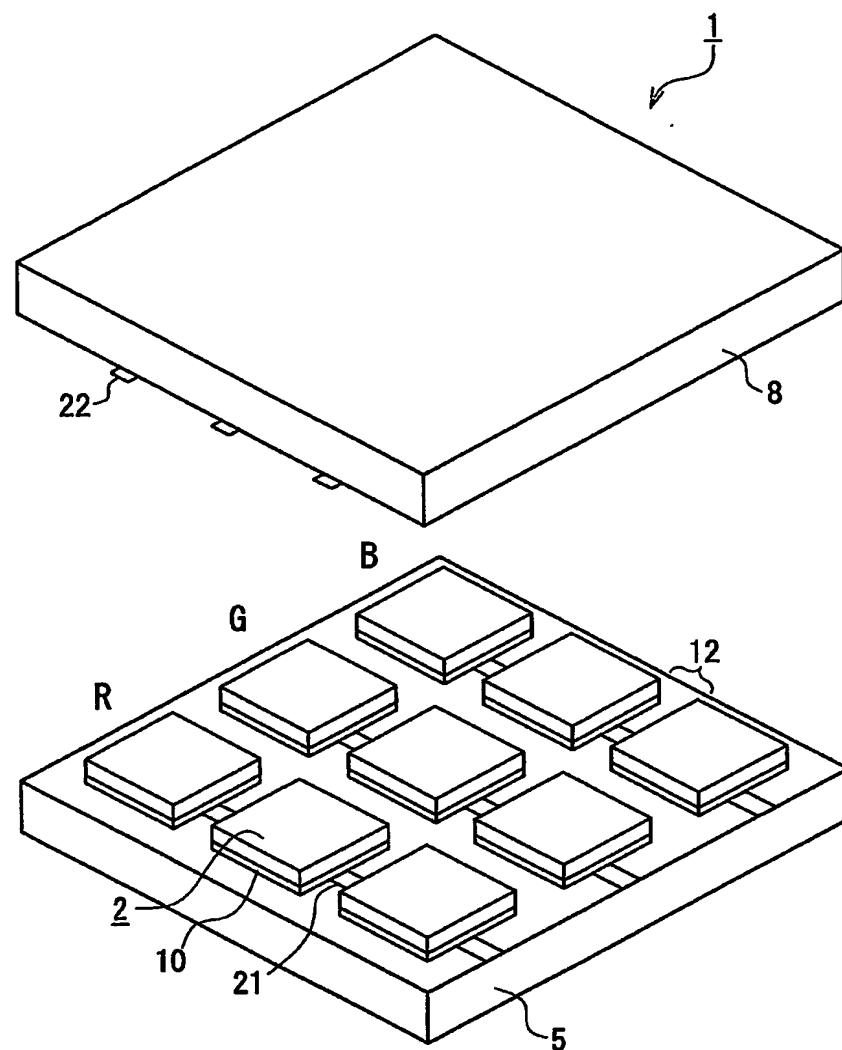
【図14】



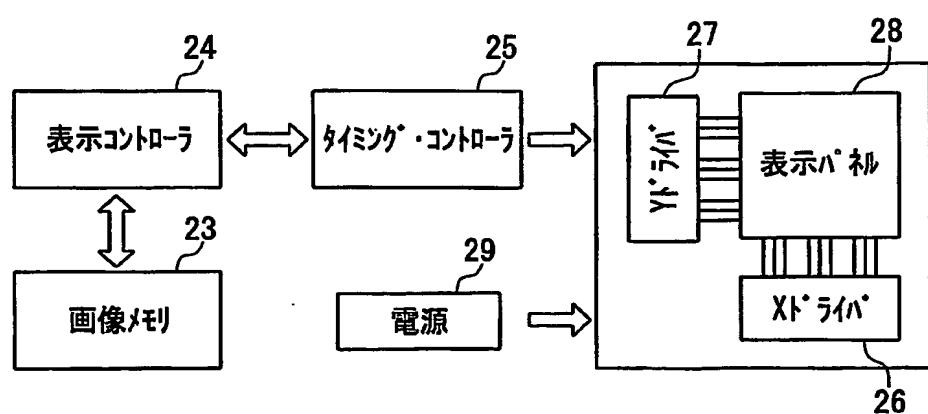
【図15】



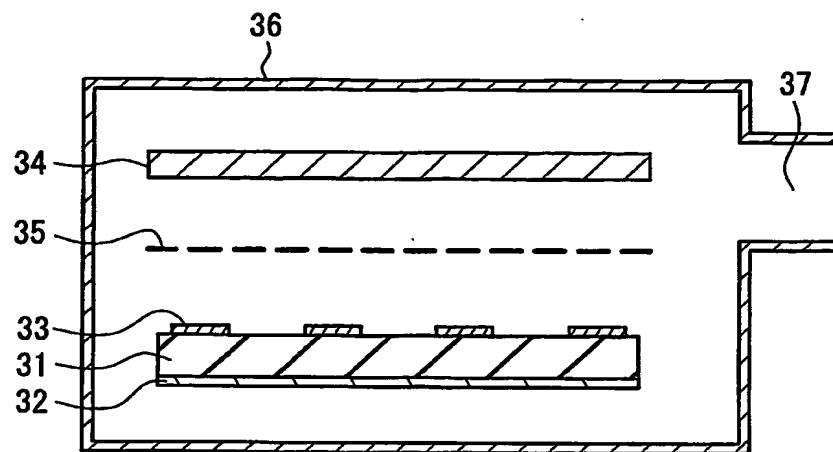
【図 16】



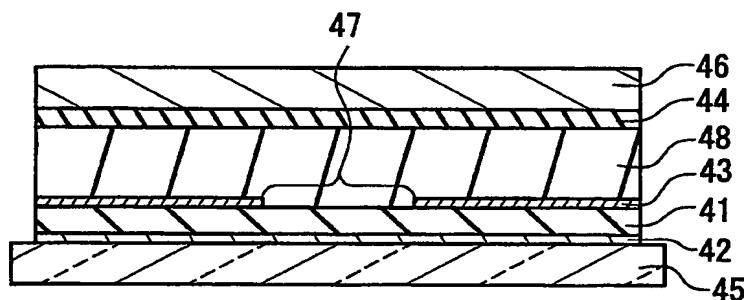
【図 17】



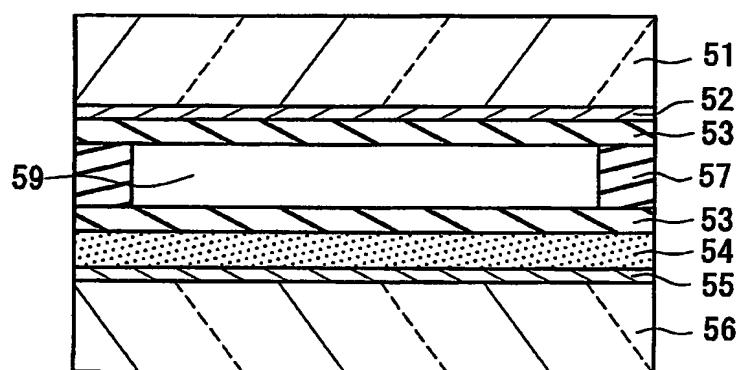
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】薄膜形成のプロセス、真空系又はキャリア増倍層を必要としない構造で加工が容易であり、発光効率が良好で大型ディスプレイを作製したときの消費電力が比較的小さく、かつ発光の際のクロストークを回避した発光素子及び表示モジュールを提供する。

【解決手段】気体層(9)とこれに接触する多孔質発光体層(2)と気体層(9)及び多孔質発光体層(2)とに電界を印加するための少なくとも一対の電極(6, 7)とを有することにより発光素子(1)が構成される。発光素子(1)を駆動するに際して、一対の電極(6, 7)に交流電界を印加していくと気体層(9)に絶縁破壊電圧以上の電圧が印加され、気体層(9)が放電する。その結果、気体層(9)では電子が増倍されて、多孔質発光体層(2)の発光中心が電子で励起されて発光する。気体層(9)は電子供給源として作用し、発生した電子は多孔質構造を有する発光体層に注入され、内部で沿面放電が生じて発光体層の全体が効率よく発光する。

【選択図】 図 1

特願 2004-303178

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏名 松下電器産業株式会社